火　山

第 2 集

第 6 巻　第 3 号

昭和 36 年 12 月

論　　説

学会記事

日 本 火 山 学 会

（東京大学地震研究所内）

日本火山学会会則

1. 本会は日本火山学会と称する.
2. 本会は火山学及びこれに関連する学問の進歩のため随時次の事業を行なう.
   イ) 研究発表及び討論会の開催.
   ロ) 会誌“火山”の発行.
   ハ) その他.
3. 本会に次の役員をおく.
   委員長 1名
   委　員 30名以内（委員長を含む）
   幹　事 若干名
   委員は会員の互選により，委員長は委員の互選により選出され，幹事は委員長が委嘱する.
   役員の任期は2年とし，隔年3月に改選する. 再選をさまたげない.
4. 委員長は本会を代表し，委員は会の運営に当る. 幹事は会の事務を分担する.
5. 総会は委員長が召集し，少なくとも年1回開催する. 総会の成立は普通会員1/8以上の出席を要する.
6. 会員は名誉会員，普通会員および賛助会員とし，会費は普通会員は年500円，賛助会員は年1口5000円以上とする.

附　則

1. 本会の事務所は東京大学地震研究所内におく.
2. 委員の選挙は普通会員による30名連記の通信選挙により，地球物理関係，地質関係，地球化学関係の各部門間に適正に配分されるように考慮して行なわれる.
3. 会計年度は4月1日に始つて3月末日に終る.
4. 会則の変更は総会の議決による.

お　願　い

1. 昭和33年5月の総会で承認されました会員再登録を実施しておりますが，本会に関心を持たれる会員でまだ再登録カード未提出の方は事務所宛お送り下さい.
   再登録されない方は会員の事務的取扱いを停止されますから至急手続をお取り下さい.
2. 寄稿論文の図版が不完全の方が多いのですが，そのまま印刷できるようにしてお出し下さい.
   (本会誌第6巻第3号128頁参照)

第2集 第6巻 火山 第3号

昭和 36 年 12 月

論 説

マグマの発生・上昇・分化・爆発の過程の物理的考察

名古屋大学理学部地球科学教室 島 津 康 男

(昭和 36 年 5 月 13 日発表，昭和 36 年 8 月 30 日受理)

Physical Theory of Generation, Upward Transfer, Differentiation and Explosion of Magmas

Yasuo SHIMAZU
(Institute of Earth Sciences, Nagoya University)

A sequence of stages of generation, upward transfer, differentiation, and solidification of magmas is studied in its physical aspects. It is assumed that the parental basaltic magmas are generated at a few hundred kilometers depths from the surface during some stages of terrestrial evolution. The generation of magmas is considered as the cause of tectonic activity within the crust and the upper mantle.

A stability of molten layer under various physical conditions is studied. If the rate of convection W within magmas is smaller than 0.01 cm/year the magmas degenerate *in situ*. On the contrary they are transferred toward surface reserving their mass for $W \gtrsim 1$ cm/year. For $W \sim 0.1$ cm/year the molten layeres are floating upward with decreasing mass and disappear at some depths. It might have a connection with the low velocity layer confirmed in seismology. When the initial thickness of magmas is greater than 200 km, they approach the surface even for $W \sim 0.1$ cm/year.

Differentiation of magmas accompanted solidification is also studied. An albite-anorthite binary model is supposed and variations in temperature inside and outside the magma reservoir is calculated. A life of sheet magma of which thickness is 1 km is nearly a hundred thousand years when it is situated at depths from the surface of the earth. A life is reduced to half when situated close to the surface. The average solidification rate is of the order of cm/year.

When the magmas are wet or contain H_2O, the permeable property of cover rocks with respect to water vapor affects the solidification rate. An albite-H_2O model magma is supposed and variations in temperature and vapor pressure are calculated. It is concluded that the magmas cannot cause differentiation when the diffusivity of cover rocks is greater than 0.1 cm²/sec. The time of the order of 10^4 years is needed to reach several kilobars for vapor pressure. Since the relaxation time of stress release of surrounding rocks is of the order

of 10^2 years, the explosion seems to be difficult to occur during solidification and differentiation. A mechanism of explosion of magmas due to fast rising through the crust is briefly discussed. The minimum rising rate to realize explosion is 10^2 m/year.

An effect of oxygen pressure upon the variation in FeO concentration of magmas is quantitatively calculated. Variations in oxygen pressure is assumed to be controlled by the difference in the permeability of cover rock with respect to H_2O and H_2. When the flow diffusivity of H_2 is hundred times or larger than that for H_2O, an increase in FeO contents in residual melt is impossible.

§ 1. はじめに

マグマの一生は発生・上昇・分化・消滅の過程のつながりとして理解される．その中我々の目に直接ふれるのは火成岩の貫入岩体とか火山活動とかを通しての消滅の過程である．しかしマグマの一生の中では消滅の段階よりむしろ発生⟶分化までの方が時間もよけいにかかり，より本質的なものといえる．これは筆者[1)2)3)]がすでに指摘したところである．だがこれらの過程は直接目にふれることなく，むしろ物理（または地球物理）的考察によつて推測しなければならぬ点が多い．地殻やマントルが全体としては固体の状態にあることはたしかであるから，マグマの存在は熱の面からみて大変異常なできごとといわなければならない．§3 にも示すように，地殻の中に厚さ 10 km のマグマ層があると，熱の逸散によつて 10^6 年たたぬ中に消滅してしまう．もしマグマをこれ以上の年月にわたつて保存し，または発生させるには，熱エネルギーの異常な集中を必要とする．一方マントルの中たとえば地表から 300 km のところでは，同じ 10 km の厚さのマグマ層でも 10^8 年保存される位，熱の逸散は小さい（§2）．エネルギーの面からはマグマは相当深いところで発生した方が楽で，むしろ上昇の段階の方がマグマの一生にとつて重要ともいえる．ところで地球の熱の歴史についての最近の計算によると〔J.A. Jacobs[4)]，E. A. Lyubimova[5)]，G. J. F. Macdonald[6)]〕，地表より 300～500 km の深さで温度が融点にごく近いかまたはそれ以上になつた時代がある．この点から考えてマグマの発生のそもそもの原因は 300～500 km の深さに，局所的でなく汎世界的に存在したという仮定がなりたつ．§2 ではこのようなメカニズムで発生したマグマの安定性を扱かつてみる．

§ 2. マグマの発生と上昇

海溝·地向斜·火山帯・深発地震の震源などの地理的分布に深い相関がみられることは，これらの間に共通の原因があることを暗示している．だがマグマと地震との発生についてどちらが原因か結果かという問題になると余りはつきりしたことは判つていない．H.S. Yoder[7)] (1952) や R. J. Uffen[8)] (1959) は岩石の破壊にともなう歪力の解放がマグマを生ずると考えているが，マグマの発生には融点に近い温度がもともと存在する必要があり，そのような温度では破壊

にともなつて解放される歪力が小くて量的にマグマを発生するには充分ではないようである．ここでは §1 に述べたように地下数百 km のところでマグマ層が熱の歴史に関連して発生したものとし，低密度による浮力と熱の逸散とのかねあいでマグマが上昇する場合の安定性を調べてみる．第1図において $x=x_1^*, x_2^*$ の間にマグマ層が存在するものとしよう．マグマの上昇は x_1^* での融解，x_2^* での固化によつて実現される．マグマの温度は常に融点 T_m に等しく，それは圧力したがつて地表よりの深さ x によつて変化する．玄武岩質マグマを考え

$$T_m=1000+3.0\ ℃/\text{km}$$

とおく．マグマの中には対流（速度$=W$）が存在し，$x_2^* \longrightarrow x_1^*$ の熱輸送をうけもつ．固相部では熱伝導によつて熱が運ばれる．とくべき式は

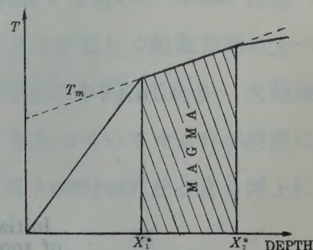


Fig. 1. Schematic representation of generation of magma within the mantle.
··· melting temperature of basalt
— initial temperature

$$\frac{\partial T_1}{\partial t}=\kappa_1\frac{\partial^2 T_1}{\partial x^2} \qquad (0\leq x\leq x_1^*) \qquad (2.1)$$

$$T_2=T_m \qquad (x_1^*\leq x\leq x_2^*) \qquad (2.2)$$

$$\frac{\partial T_3}{\partial t}=\kappa_3\frac{\partial^2 T_3}{\partial x^2} \qquad (x_2^*\leq x\leq \infty) \qquad (2.3)$$

$$x=0: \quad T_1=0 \qquad (2.4)$$

$$x=\infty: \quad \partial T_3/\partial x=\beta \qquad (2.5)$$

$$x=x_1^*: \quad K_1\frac{\partial T_1}{\partial x}-\rho_1\Delta h_1\frac{dx_1^*}{dt}=\rho_2(0-)C_2 W\overline{T}_2+K_2\frac{\partial T_2}{\partial x} \qquad (2.6)$$

$$\overline{T}=\frac{1}{2}\ [(T_2)x_1^*+(T_2)x_2^*] \qquad (2.7)$$

$$x=x_2^* \qquad \rho_2 C_2 W\overline{T}_2+K_2\frac{\partial T_2}{\partial x}=K_3\frac{\partial T_3}{\partial x}-\rho_3\Delta h_2\frac{dx_2^*}{dt} \qquad (2.8)$$

ただし κ_i，K_i，Δh_i はそれぞれ熱拡散係数，熱伝導度，融解（または固化）熱である．これらの式をとくのは相当面倒であるが，$t=0$ でのマグマの位置，W の大きさをいろいろ変えて計算した結果を第1表，第2図に示す．結論の大要を示すと次のようである．

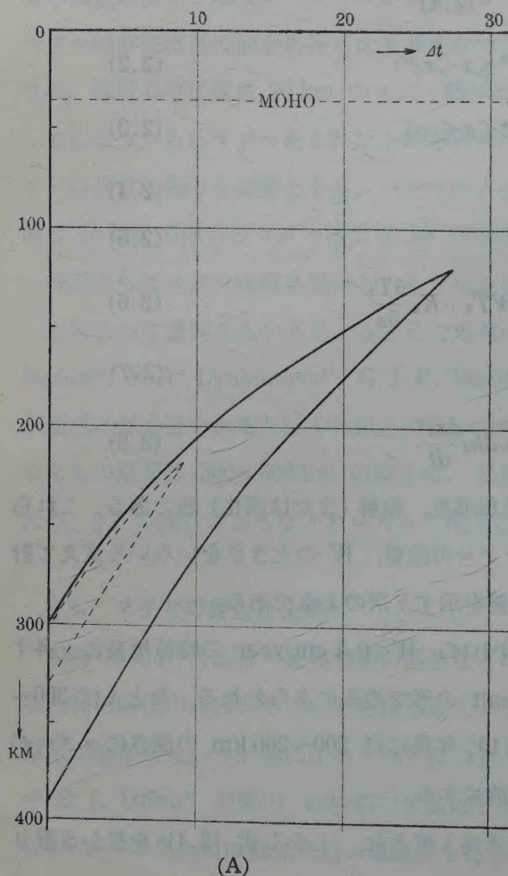
マグマが地表より 100 km 以上の深さで発生すれば，$W<0.1$ cm/year の時は地表に上昇するまでに消滅し，$W>1$ cm/year なら flood basalt の形で地表にあらわれる．たとえば 300～390 km に発生し $W\sim 0.1$ cm/year なら，2×10^7 年後には 200～260 km の深さにマグマが存在し，5.85×10^7 年後には 120 km の深さで消滅する．

上記の計算では W をマグマ層の中での対流速度と考えた．しかし式 (2.1) を扱かう限り

Table 1. Upward Transfer of Basaltic Magma.

W (cm/year)	Initial position of top of magma sheet a (km)	Initial thickness b-a (km)	Life of magma (year)	Final position (km)
0	300	90	1.046×10^8	378.33
	100	40	7.432×10^6	135.93
	35	7	2.383×10^6	41.67
0.1	300	90	5.850×10^7	119.65
		30	1.971×10^7	218.40
	100	80	3.682×10^7	41.95
		40	1.885×10^7	65.22
		20	0.996×10^7	78.50
1	35	7	1.004×10^6	7.91

W (cm/year)	Initial position of top of magma sheet a (km)	Initial thickness b-a (km)	Time need to intrude into surface (years)	Final thickness (km)
1	300	90	5.238×10^6	93.96
		30	5.274×10^6	21.26
1	100	80	2.528×10^6	79.84
		40	2.643×10^6	40.00



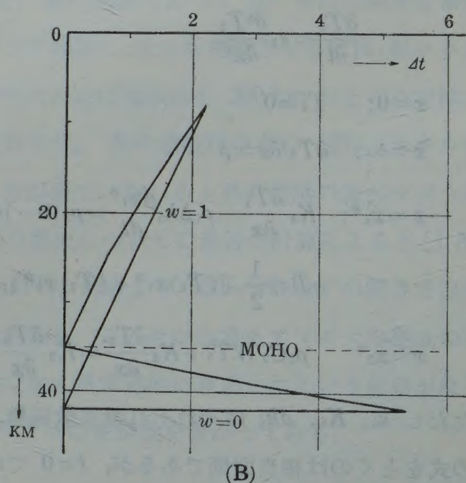


Fig. 2. Variations in position and thickness of floating magmas.

(A) $W=0.1$cm/year, $\Delta t=2.140\times10^6$ years
(B) $W=1$cm/year, $\Delta t=4.460\times10^5$ years

マグマの上昇が fissure，または vent を通しての噴流であつても同様に論じうる．筆者が先に論じたように[1)2)3)9)]，噴流は $W > 10$ cm/year の場合に相当し，上昇の途中でマグマが消滅することはない．日本における火山岩の岩石区と深発地震の震源分布に相関があることは H. Kuno[10)]の示すとおりであり，これがマグマの発生する深さに関係するものと Kuno は述べている．しかしマグマの上昇が fissure を通してのものなら，マグマが正しく鉛直方向に上つてくるとは考えにくい．深発地震の震源はある dip をもつた面の上に存在しており，大陸縁での断層面がこれと関係するものなら，fissure もまたある dip をもつていてマグマが鉛直に上昇してくることがかえつて考えにくいからである．その点 $W \lesssim 1$ cm/year を与える浮上による上昇の方が鉛直方向の移動を与える．

§ 3. H_2O をふくまないマグマの分化

マグマの分化，消滅の過程は我々の目にふれるので岩石学的にも重要である．マグマ層が冷たい岩石の中に出現し固化する際の寿命については多くの計算があるが，大低は固化にともなう固化熱の発生を無視しており，これを考慮したものは J. C. Jaeger[11)12)] の計算位である．ここでは更に固化にともなう組成の変化，すなわち分化をも考慮した計算を行なつた．そのためには相平衡図と，組成の関数としての固化熱のデータを知らねばならぬ．

以上の目的にかなうモデルとして An−Ab二成分系マグマを扱かつた．第3図で，$x=0$ を

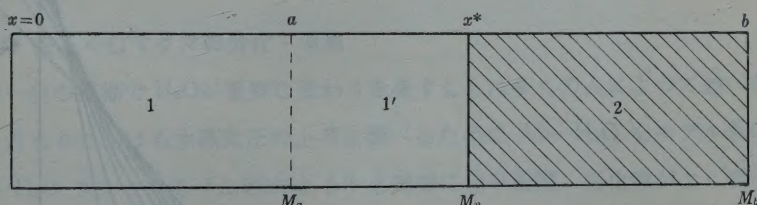


Fig. 3. Schematic representation of solidification of magma.
(1): cover rock, (1′): solidified rock, (2): magma.

地表，$t=0$ で $x=a\sim b$ にマグマがあつたものとし，時と共に結晶 1′ を晶出しながらマグマの壁 x^* が移動するものとする．$x^*=b$ でマグマは消滅する．基本の数式は (2.1) ににており，(2.1)～(2.4) は同じで，その他

$$(b-x^*)\frac{dT_e}{dt}-\left(T_e+\frac{\rho_1}{\rho_2}\frac{\Delta h}{C_2}\right)\frac{dx^*}{dt}+\frac{K_1}{\rho_2 C_2}\left(\frac{\partial T_1}{\partial x}\right)_{x^*}=0 \tag{3.1}$$

$$(b-x^*)\frac{dC_e}{dt}-C_e\left(1-\frac{\rho_1}{\rho_2}k\right)\frac{dx^*}{dt}=0 \tag{3.2}$$

が加わる．ここで T_e，C_e は相平衡図での liquidus 温度，そこでの Ab の濃度である．また

$$k=k\ (C_e)=\frac{\text{結晶中の Ab 濃度}}{\text{残液中の Ab 濃度}} \tag{3.3}$$

である．計算の結果を第2表，第4図に示す．ここで T_e^0，C_e^0 は $t=0$ での温度，Ab 濃度で

Table 2. Differentiation-solidification of Ab-An magma.

Initial position of top of magma (km)	Initial thickness (km)	C_e^0	T_e^0 (℃)	Time until magma disappears (years)
10	1	0.10	1540	9.1877×10^4
		0.30	1500	8.2516×10^4
		0.50	1450	6.659×10^4
2	1	0.10	1540	7.757×10^4
		0.30	1500	7.366×10^4
1	1	0.10	1540	5.326×10^4
		0.30	1500	4.994×10^4
		0.50	1450	4.582×10^4

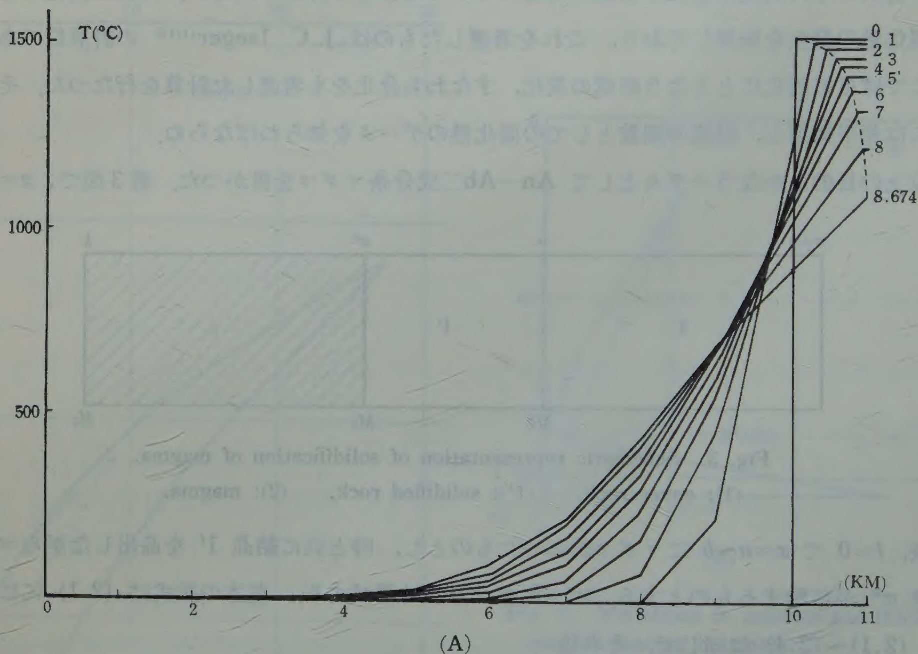
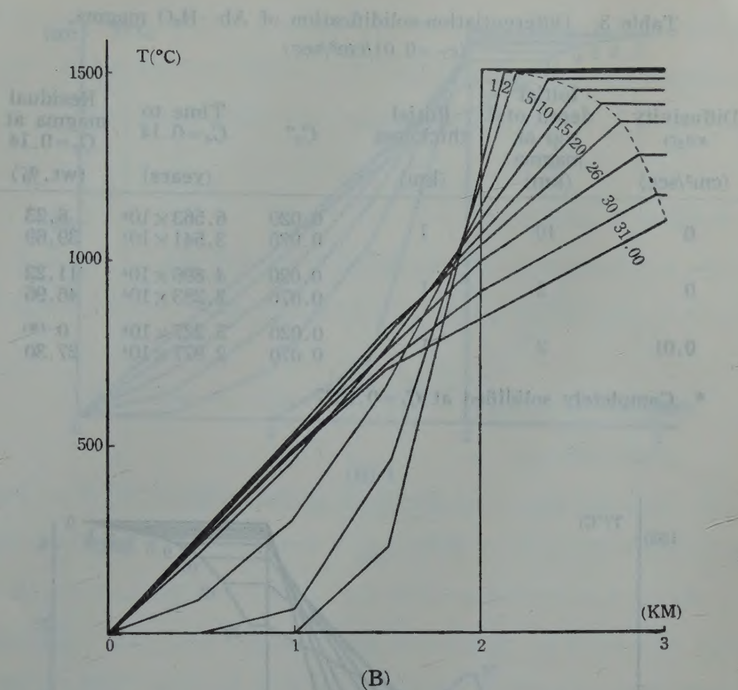


Fig. 4. Temperature variation during solidification of Ab-An magma.

(A) $a=10$km, $b=11$km, $C_e^0=0.30$.

(B) $a=2$ km, $b=3$ km, $C_e^0=0.30$.

Numbers denote the duration of time in unit of 0.9543×10^4 and 0.2376×10^4 years in (A) and (B) respectively.



(B)

あり，$x=0\sim a$ は 0°C とする．マグマの寿命は $10^4\sim10^5$ 年であるが，$a/a\text{-}b$ を一定に保てば a を l 倍にすると寿命は l^2 倍になる．

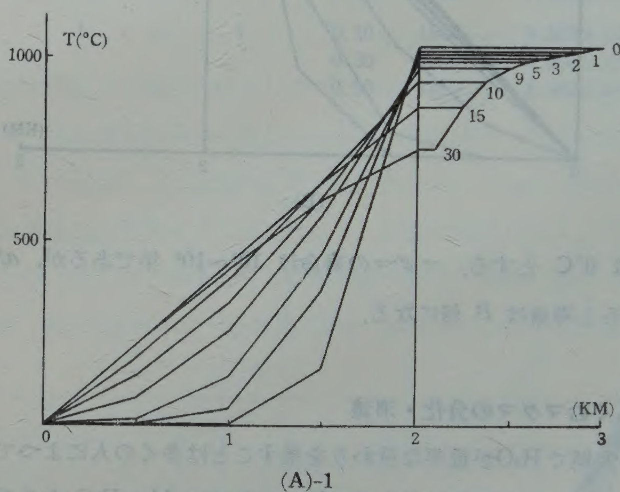
§ 4. H_2O をふくむマグマの分化・消滅

マグマの一生の末期で H_2O が重要な役わりを果すことは多くの人によつて述べられている．特にマグマだまりにおける水蒸気圧の上昇を調べるために Ab—H_2O をモデル系の固化を扱かつた．Ab—H_2O 系をとりあげた理由は §3 と同様に相平衡図，固化熱がよく判つているからである．データさへ与えられればもつと実在のマグマに近いものも扱かえる．マグマ層と地表との間の岩石，すなわち cover rock がどの程度水蒸気を通しうるかが分化の状態をきめる．マグマから水蒸気がもれると，H_2O の量をへらすと同時に熱をうばう．一方マグマにとけこみうる H_2O の量は温度が下ると共にふえるから，マグマと共存しうる水蒸気の量は前記二つの作用のかねあいで決まる．基本の式は §2.3 と同様であり，R. W. Goranson[13]，O.F. Tuttle & N. L. Bowen[14] の相平衡図を用いた．計算の結果を第3表，第5図に示す．ここで κ_F は cover rock の H_2O に対する拡散係数，$C_e°$，$T_e°$，$P_e°$ は $t=0$ での相平衡図における uni-variant curve 上の H_2O 濃度，温度，水蒸気圧である．$C_e\simeq0.14$ までの相平衡図しかえられていないので計算はこれまでとした．κ_F は水蒸気の流れやすさを与えるが，$\kappa_F=0.01$ cm²/sec

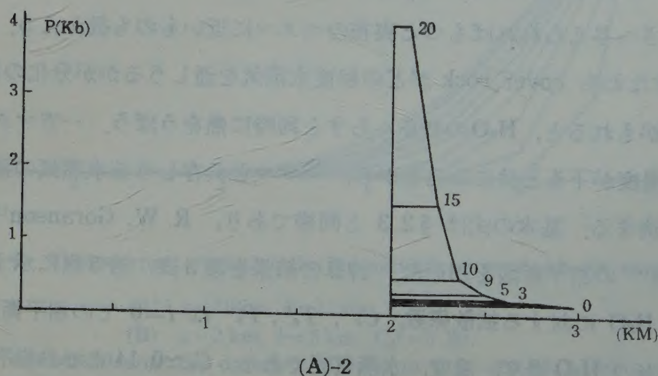
Table 3. Differentiation-solidification of Ab—H_2O magma.
($\kappa_T = 0.01$/cm²/sec)

Diffusivity κ_{H_2O} (cm²/sec)	Initial depth of top of magma (km)	Ihitial thickness (km)	C_e°	Time to $C_e = 0.14$ (years)	Residual magma at $C_e = 0.14$ (wt.%)
0	10	1	0.020	6.563×10^4	6.23
			0.070	3.541×10^4	39.69
0	2	1	0.020	4.896×10^4	11.23
			0.070	2.283×10^4	46.96
0.01	2	1	0.020	5.227×10^4	0 (*)
			0.070	2.977×10^4	27.30

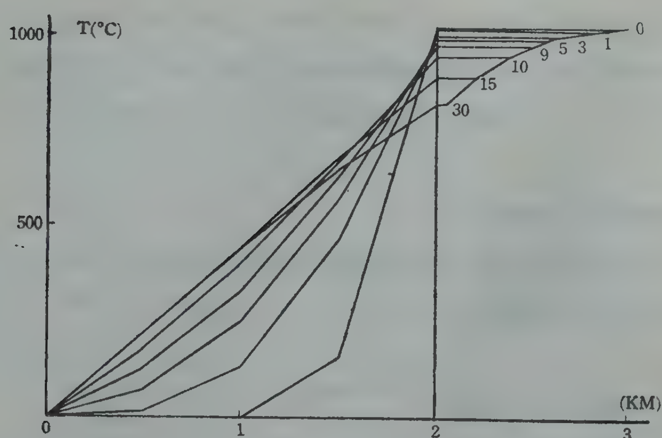
* Completely solidified at $C_e = 0.1327$



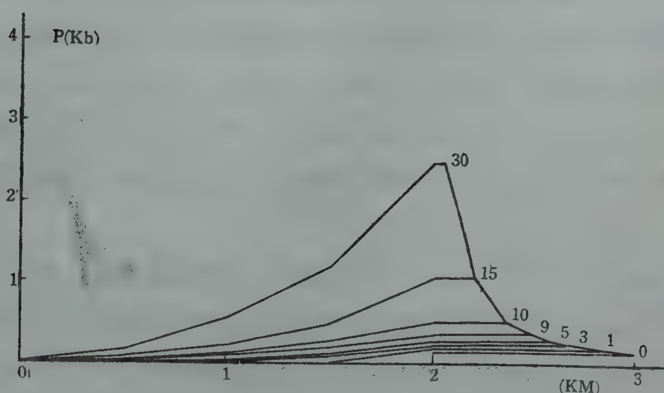
(A)-1



(A)-2



(B)-1



(B)-2

Fig. 5. Variations in temperature T and vapor pressure P during differentiation of Ab–H_2O magma. Numbers denote the duration of time in unit of Δt.

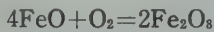
	a (km)	b (km)	C_e°	κ_T (cm^3/sec)	κ_{H_2O} (cm^2/sec)	Δt (yr)
(A)	2	3	0.02	0.01	0	0.2376×10^4
(B)	2	3	0.02	0.01	0.01	0.2376×10^4

とは 10^{-9} cm/sec の流速を与え，cover rock の断面積を 10 km² とすると流量は 100 g/sec となる．$\kappa_F > 0.1$ cm²/sec だと水蒸気がもれすぎて，univariant curve にそう固化，すなわち分化は不可能である．第5図にみるように水蒸気圧は 4kb に達し，周りの岩石の強度から考えて，マグマだまりの爆発の可能性はある．しかし問題は圧力の増加速度である．岩石の粘性は歪力を逸散させようとし，4kb の圧力増加は 10^2 年程度以内に行なわれないと爆発にいたらない．第5図からみて水蒸気圧の増加速度はこれより小さいようである．10^2 年以内

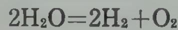
に数 kb 程度の歪力を周りの岩石に与えるには，急速な上昇以外にない．もつとも簡単に考えて，10 km を断熱的に上昇すると周りの岩石に対して 3kb の圧力を与える．これが 10^2 年以内で行なわれるとすると，上昇速度は 10^2 m/year 以上でなければならない．

§ 5. マグマ分化と O_2 の分圧

玄武岩質マグマの分化経路に O_2 の分圧が重要な役わりを演ずることは，E. F. Osborn[15] の示したところである．その機構を次のようにモデル化してみる．マグマとこれと共存する水蒸気とに



$$4FeO+O_2=2Fe_2O_3$$



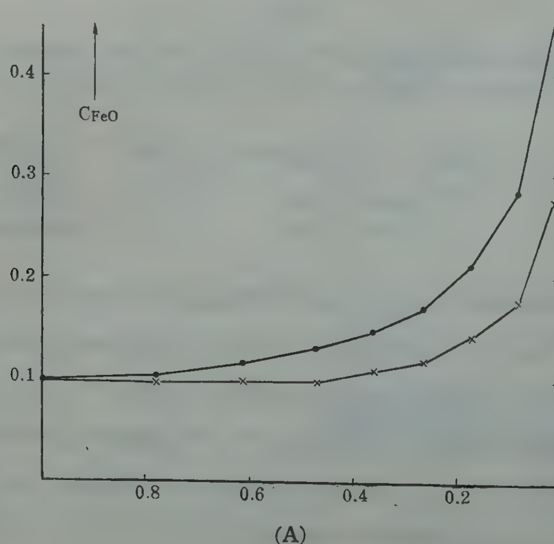
$$2H_2O=2H_2+O_2$$

の反応を考える．H_2O の分解によつて生じた O_2 は FeO の酸化に用いられ $FeO\cdot Fe_2O_3$ を晶出する．故に O_2 の分圧が大きいと残液にのこる FeO がへつてくる．O_2 の分圧の変化は系からの H_2O と H_2 とのもれやすさによつて決まる．上記二つの反応において O_2 の化学ポテンシヤルは常に等しいものとする．基本の式は §4.5 と同様であり，反応の平衡定数としては，G. C. Kennedy[16] のデータを用いた．計算の結果を第 6 図に示す．結論の大要は次のとおりである．

（1） $\kappa_{H_2} \leqq \kappa_{H_2O}$ だと FeO は次々に残液に濃縮し，Osborn の第一型分化を示す．

（2） $\kappa_{H_2} \sim 10\kappa_{H_2O}$ だと FeO の濃縮は分化の初期，中期ではほとんどみられない．

（3） $\kappa_{H_2} \gtrsim 100\kappa_{H_2O}$ だと残液の FeO は次々にへり，Osborn の第二型分化を示す．



(A)

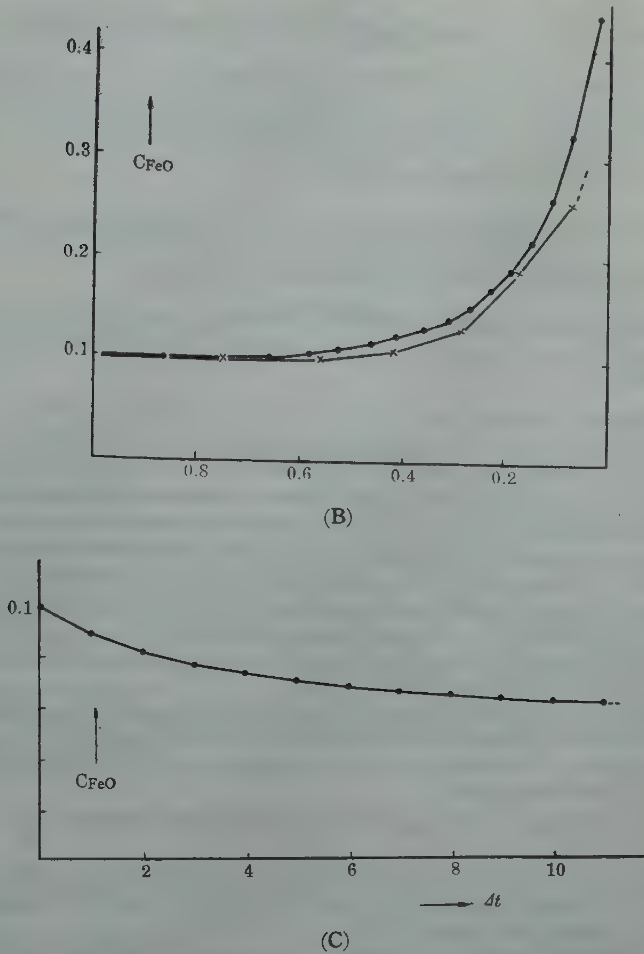


Fig. 6. Variation of FeO concentration during the fractio nation of magma including reactions: $2H_2O=2H_2+O_2$ and $4FeO+O_2=2Fe_2O_3$ The abscissa represents the solidification stage (=mass fraction of residual melts to the original magma).

	κ_T (cm²/sec)	κ_{H_2O} (cm²/sec)	κ_{H_2} (cm²/sec)
(A) ·——·	10^{-2}	10^{-2}	10^{-2}
×——×	10^{-2}	10^{-2}	10^{-1}
(B) ·——·	10^{-2}	1	1
×——×	10^{-2}	10^{-4}	10^{-3}
(C) ·——·	10^{-2}	10^{-2}	1

The abscissa in (C) represents the duration of time in unit of $\Delta t=0.9523\times10^2$ years. For a complete solidification it needs 7.610×10^4 years.

もし H_2O—H_2 が火山ガスとして噴出すると，これは $\kappa_{H_2}\approx\kappa_{H_2O}$ に当り，火山ガスの組成

は平衡定数から決まる P_{H_2O}/P_{H_2} で与えられ．1200℃ で H_2 のモル分率は約 10^{-5} である．H_2 が H_2O よりもれやすいと，P_{H_2O}/P_{H_2} は小さくなり，H_2 のモル分率は 10^{-4}～10^{-3} になる．しかしこのようなかんたんなモデルでは火山ガスの組成にまでふれるわけにいかない．S. Matsuo[17] や筆者[18]があつかつたようなもつと複雑な系を考えねばならない．しかし FeO の変化の様子はこのモデルでも充分論じうると思う．

本論文の計算の一部は入山淳君の手をわずらわせた．ここに感謝の意を表する．また一部の計算は当名古屋大学の NEAC−2203 電子計算機によつて行なつた．

なお本研究は文部省綜合科学研究費の一部を用いて行なわれたものである．計算の詳細はいづれ別の機会に発表する．

参 考 文 献

1) Y. SHIMAZU: "A thermodynamical aspect of the earths interior: Physical interpretation of magmatic differentiation process." *Jour. Earth Sci., Nagoya Univ.*, **7**, 1-34 (1959,a).

2) ————: "A physical interpretation of crystallization differentiation of the Skaergaard intrusion." *Jour. Earth Sci., Nagoya Univ.*, **7**, 35-48 (1959,b).

3) ————: "Physical conditions of contamination and fractionation of basaltic parental magmas". *Jour. Earth Sci., Nagoya Univ.*, **8**, 72-85 (1960,a).

4) J. A. JACOBS: "Radioactivity and the thermal history of the earth." *In Handbuch der Physik. Vol.* XLVII, Springer, 389-400 (1956).

5) E. A. Lyubimova: "Thermal history of the earth with consideration of the variable thermal conductivity of its mantle." *Geophys. Jour.*, **1**, 115-134 (1958).

6) G. J. F. MACDONALD: "Calculations on the thermal history of the earth." *Jour. Geophys. Res.*, **64**, 1967-2000 (1959).

7) H. S. YODER: "Change of melting point of diopside with pressure." *Jour. Geol.* **60** 364-374 (1952).

8) R. J. UFFEN: "On the origin of rcok magma.", *Jour. Geophys. Res.*, **64** 117-122 (1959).

9) Y. SHIMAZU: "A note on genesis and upward transfer of parental magma of igneous rocks." *Jour. Earth Sci.*, Nagoya Univ. **7**, 71-91 (1959,c).

10) H. KUNO: "Origin of Cenozoic petrographic provinces of Japan and surrounding areas." *Bull. Volcanol.* Ser. II, **20**, 37-76 (1959).

11) J. C. JAEGER: "The temperature in the neighborhood of a cooling intrusive sheet." *Amer. Jour. Sci.* **255**, 306-318 (1957).

12) ————: "Temperature outside a cooling intrusive sheet." *Amer. Jour. Sci.*, **257**, 44-54 (1959).

13) R. W. GORANSON: "Silicate water systems. Phase equilibria in the $NaAlSi_3O_8$-H_2O and $KAlSi_3O_8$-H_2O systems at high temperatures and pressures." *Amer. Jour. Sci.* **35-A**, 71-91 (1938).

14) O. F. TUTTLE & N. L. BOWEN: "Origin of granite in the light of experimental studies in the system $NaAlSi_3O_8$-$KAlSi_3O_8$-SiO_2-H_2O." *Geol. Soc. Amer. Mem.* 74 (1958).

15) E. F. OSBORN: "Role of oxygen pressure in the crystallization and differentiation of basaltic magma." *Amer. Jour. Sci.*, **257**, 609-647 (1959).

16) G. C. KENNEDY: "Equilibrium between volatiles and iron oxides in igneous rocks." *Amer. Jour. Sci.*, **246**, 529-549 (1948).

17) S. MATSUO: "On the origin of volcanic gases." *Jour. Earth Sci. Nagoya Univ.* **8**, 222-245 (1960).

18) Y. SHIMAZU: "A Thermodynamical aspect of volcanic gas." *ibid.* **8**, 197-221 (1960).

温泉水中の窒素ガス (1)

京都大学理学部地球物理学研究所　湯　原　浩　三

(昭和 36 年 5 月 13日発表・昭和 36 年 7 月 19 日受理)

Nitrogen Gas in Hot-spring Waters

Kôzô Yuhara
Geophysical Research Station, Faculty of Science, Kyoto University

Contents of nitrogen and oxygen gases in about three hundred hot-spring waters were measured. The nitrogen is rich in the springs of low and moderate temperature and poor in those of high temperature. The relation between the flow temperatures and the nitrogen contents differs from the Winkler's solubility curve, that is, supersaturation predominates at low and moderate temperature, and unsaturation at high temperature. The magmatic water which may be contained in hot-spring water does not play an important role to make such temperature-nitrogen relation. Oxygen contents are little in every spring and the oxygen consumption under the ground may have contributed to make oxygen-poor waters. Some examples of geographical distribution of the nitrogen and the oxygen consumption are shown for some spas, suggesting the flow direction of hot-spring water and the relation with the usual ground-water. Annual and daily variations of the nitrogen and oxygen contents in hot-spring water are discussed together with the variations of other physical and chemical factors of the springs.

§1. 緒　言

温泉水は循環水と岩漿水から成りたつているというのが今日での一般的な考えである．この線に沿つて今迄多くの研究者によつて，いろいろな方法でそれらの混合割合の推定が行われてきた．[1)-4)] しかし岩漿水なるものを循環水と区別して具体的につかまえることはできないので，温泉水に含まれる岩漿水の割合を決定し，さらには個々の温泉水の起源と温泉の成因をつきとめることは，前途遼遠といわねばならない．岩漿水を循環水から区別する方法として，同位体や溶解塩類の比に立脚した議論は今迄に多くなされている．一方循環水は，今迄に一度は必ず大気と接したことのある水であるから，その際，平衡状態になれば飽和量だけ大気の各成分を溶解する．大気の主成分である窒素と酸素のうち，酸素は消費されることが多いが，窒素は比較的不活性である．したがつて温泉水中に溶存する窒素は，酸素の溶存量と対比することによつて，或程度温泉水の履歴の指標となりそうに思われる．しかし後に詳述するように，岩漿性窒素も相当あると考えねばならず，大気起源の窒素と岩漿起源のそれを区別することも今日ではむつかしいので，温泉水中の窒素含有量を調べることによつて，循環水と岩漿水の混合割

合を直ちに決め得ることはできない．この様な目的には窒素よりもアルゴンの方が適当であるかもしれないが，アルゴンは絶体量が少く分析法もやや複雑であるので，できるだけ多くの資料について議論を進めるため，窒素とアルゴンの両者を併せたものについて考察を進めることにする．以下特に断らない限り，窒素というのはアルゴンの分離を行つていないものである．

循環水が温泉水の一部になる前には普通の地下水であつた．窒素ガスは常温では無機化学的には不活性であるが，生化学的には反応する．また窒素ガスを放出する変化は，無機化学的，生化学的にいくらかあり，土壌中でのこれらの反応の強弱は，そこを通過する地下水中の窒素含有量に影響する．その結果，地下水中の窒素含有量は飽和度が，しばしば 100 %以上であることが報告されている.[5]　この様な地下水が更に地下深く滲透し，蒸気または液体の岩漿水と混合し加熱されて，再び温泉水として地表に湧出して来る時，加熱，沸とう，他のガスの分離，加わる岩漿水の量や性質等によつて，温泉水中の窒素含有量はもとの地下水中の窒素含有量とは著しく異つたものになるであろう．

結局，温泉水中の窒素含有量を調査することの目的は，温泉水中の窒素含有量が普通の地下水中のそれとどの様に異るかを明らかにすると共に，温泉水の起源を明らかにするという問題に対して，一つの参考資料を提供しようというにある．

このような見地から，別府，亀川，鉄輪，明礬，湯の平，天ヶ瀬，由布院，大岳，（以上大分県），内の牧（熊本県），湯田（山口県），中房（長野県）の諸温泉で約 300 ヶの温泉水について溶存窒素量および溶存酸素量を測定した．測定法は Winkler の方法を改良した菅原・小穴法[6] によつた．測定結果は第 1 表に示す．アルゴンの分離は行わなかつたが，それは窒素に比べて非常に少いので，以下窒素とアルゴンの和について論じることは，大部分を占める窒素について論じていることになる．なをこの分析法によればメタンもこの中に含まれることになる．

§ 2.　泉温との関係ならびに温泉水の起源

窒素含有量と泉温との関係は，第 1 図に示すごとく，一般に低温泉に多く高温泉に少い．しかもその関係は，Winkler によつて示された飽和溶解量と温度との関係[7] と全く異つたものである．すなわち低温では過飽和のものが多く，高温では著しく不飽和である．この様な一般的傾向から，低温泉に多く含まれている窒素は大部分非火山性のものと考えるのが自然であつて，その起源は普通の地下水中の窒素とほとんど変らないと思われる．

低温泉で著しく過飽和であることの原因の一つは生化学的作用であろう．窒素は有機物の醱酵に伴つて放出され，そこの水中の濃度を高める．普通の地下水については，水温 12.4～17.8℃ で 13.37～22.99 cc/l，飽和度 98.5～170.8 % で 120%前後のものが多いことが報告

第 1 表

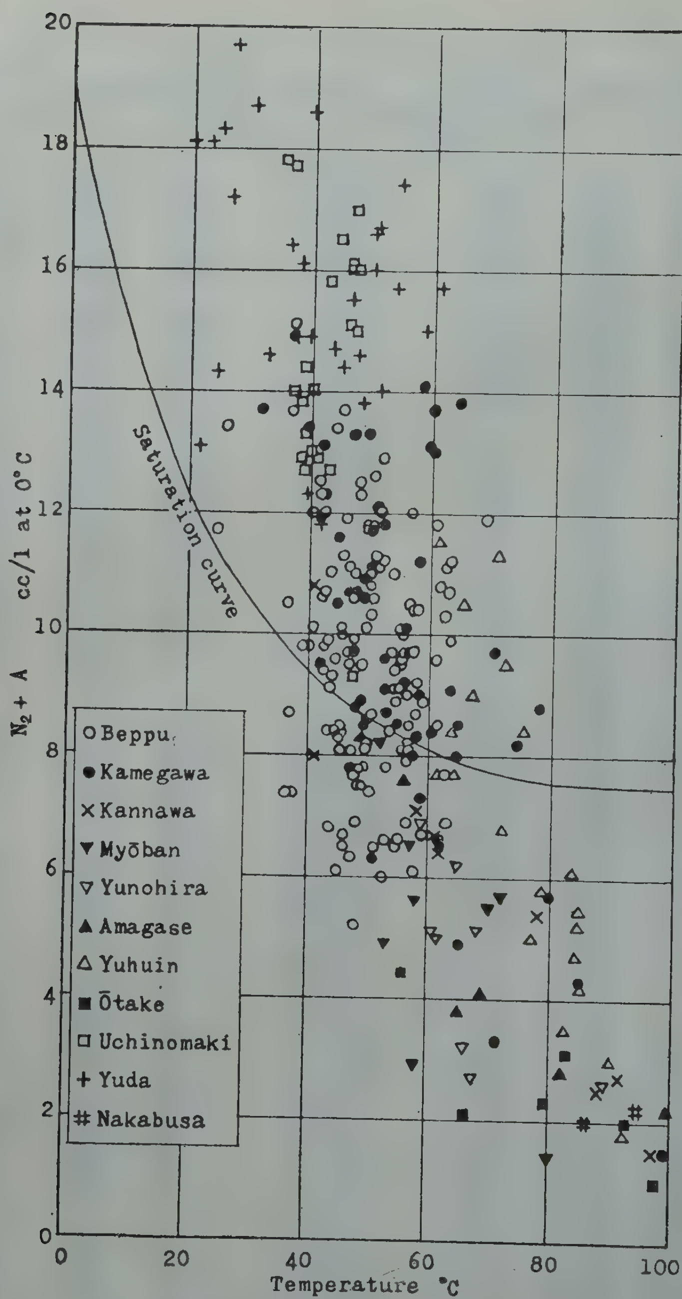
温泉名	温泉番号又は所有者(通称)	湧出温度	N_2+A cc/l at 0°C	O_2 cc/l at 0°C	温泉名	温泉番号又は所有者(通称)	湧出温度	N_2+A cc/l at 0°C	O_2 cc/l at 0°C
別府	3	50.4	8.8	0.8	別府	434の6	51.7	12.1	3.1
〃	4	44.2	8.4	1.4	〃	434の16	41.6	12.3	0.3
〃	13	53.7	9.7	1.3	〃	435	53.5	8.4	1.6
〃	17	51.0	11.3	1.0	〃	437	57.9	8.7	1.3
〃	19	50.5	10.6	0.9	〃	442	56.6	10.5	1.2
〃	23	42.5	10.7	1.1	〃	443	61.0	9.6	2.7
〃	30	43.5	9.1	1.5	〃	444	69.0	11.9	1.9
〃	35	36.6	7.4	0.4	〃	448	62.8	11.1	3.5
〃	46	45.4	8.5	1.2	〃	448の1	51.3	11.2	2.2
〃	47の1	50.8	8.4	1.3	〃	449	56.5	8.5	0.8
〃	55	43.2	11.0	0.6	〃	452	50.0	11.0	0.7
〃	58	49.7	11.7	0.3	〃	468	46.7	9.5	0.6
〃	66	26.0	13.4	1.8	〃	472	55.5	10.1	1.0
〃	77	44.3	13.4	0.6	〃	478	56.5	9.7	1.0
〃	81	56.6	8.1	0.6	〃	483	55.5	8.1	1.1
〃	92	60.0	6.8	0.9	〃	516	49.6	8.1	1.7
〃	97	47.5	7.7	0.8	〃	531	63.0	6.9	1.1
〃	118	45.0	8.3	0.5	〃	534	56.2	7.9	0.6
〃	140	58.9	6.7	1.0	〃	535	56.0	9.7	1.3
〃	162	50.2	10.8	1.7	〃	545	55.5	9.6	0.6
〃	180	57.8	6.1	0.8	〃	555	48.0	6.9	0.9
〃	203	45.2	10.1	1.9	〃	564	48.1	12.3	0.8
〃	207	55.0	6.6	0.5	〃	580	48.9	9.5	1.1
〃	210	52.3	11.2	1.0	〃	594	45.0	8.1	1.6
〃	211	47.5	9.9	1.1	〃	634	46.0	6.7	1.1
〃	214	55.1	9.1	1.3	〃	645	45.0	6.1	0.6
〃	244	51.8	11.1	2.9	〃	664	47.0	8.1	1.2
〃	283	56.5	8.2	1.5	〃	674	42.5	9.4	1.7
〃	291	58.0	10.4	2.1	〃	695	43.5	6.8	0.8
〃	295	61.4	8.5	1.5	〃	696	42.2	10.6	1.2
〃	301	55.0	10.1	0.9	〃	708	54.4	9.1	1.2
〃	311	56.8	12.0	3.1	〃	737	52.8	6.6	0.8
〃	322	61.8	6.6	0.4	〃	751	52.5	6.0	1.7
〃	338	54.5	6.5	0.3	〃	770	52.8	7.8	0.8
〃	343	63.0	10.7	1.1	〃	785	47.3	10.6	0.5
〃	350	62.8	7.7	0.8	〃	819	40.0	7.8	1.8
〃	381	50.5	11.8	3.5	〃	833	48.9	7.5	0.9
〃	384	51.0	10.6	3.0	〃	852	48.3	7.5	0.9
〃	389	55.2	10.0	1.5	〃	869	44.0	9.3	1.3
〃	393	58.0	9.2	0.6	〃	874	45.1	13.7	1.2
〃	398	57.3	10.4	0.4	〃	879	50.5	12.6	2.1
〃	405	54.1	9.4	0.8	〃	892	36.8	10.5	0.6
〃	411の1	48.1	12.5	3.7	〃	896	45.8	8.4	1.3
〃	414	39.3	9.8	2.9	〃	920	40.5	12.0	1.8
〃	415	63.5	11.2	1.8	〃	971	24.7	11.7	5.6
〃	429	61.6	10.8	1.1	〃	979	63.5	9.9	2.9
〃	429の1	57.2	9.7	1.1	〃	990の1	37.6	7.4	0.2
〃	431	62.6	10.3	2.0	〃	1013	54.6	8.9	0.7
〃	433	45.5	10.0	1.5	〃	1022	40.6	10.1	1.2
〃	434の5	53.9	11.0	1.9	〃	1045	44.3	9.6	1.4

第 1 表 (つづき)

温泉名	温泉番号は又所有者(通称)	湧出温度	N_2+A cc/l at 0℃	O_2 cc/l at 0℃	温泉名	温泉番号又は所有者(通称)	湧出温度	N_2+A cc/l at 0℃	O_2 cc/l at 0℃
別府	1138	46.5	9.7	1.6	亀川	155	58.0	8.3	2.1
〃	1149	49.7	11.8	1.2	〃	191	47.2	7.8	2.9
〃	1165	41.6	12.5	2.0	〃	212	58.0	11.2	1.1
〃	1175	36.8	13.7	1.7	〃	215	59.4	13.1	0.7
〃	1179	50.2	10.3	1.2	〃	220	60.4	13.0	0.6
〃	1184	43.2	9.9	0.9	〃	221	63.5	9.1	1.7
〃	1186	59.0	9.0	1.0	〃	223	52.4	9.6	1.8
〃	1218	45.7	6.5	0.7	〃	227	49.8	8.6	3.1
〃	1224	47.1	6.3	2.6	〃	229	48.6	8.9	2.5
〃	1256	37.0	15.1	0.9	〃	233	47.8	10.7	0.9
〃	1284	49.5	10.1	1.8	〃	244	71.5	3.3	1.1
〃	1285	56.3	9.0	0.9	〃	248の4	50.2	11.7	0.8
〃	1289	37.0	8.7	0.9	〃	255	56.0	10.1	2.0
〃	1295	51.0	6.5	1.8	〃	281	61.9	6.5	0.8
〃	1297	45.4	11.3	1.8	〃	287	44.6	10.5	1.2
〃	1298	51.8	12.9	0.9	〃	312	44.8	11.6	1.3
〃	1300	47.7	11.0	0.7	〃	318	42.0	13.1	1.2
〃	1308	48.3	7.8	2.8	〃	320	49.0	10.9	2.0
〃	1311	41.2	12.0	1.0	〃	334	46.4	10.7	1.5
〃	豊泉荘	50.0	7.4	3.1	〃	339	39.4	13.4	3.3
〃	古川	43.2	8.4	3.4	〃	347	99.0	1.5	0.6
〃	首藤	49.0	7.8	1.6	〃	362	50.0	11.1	0.6
〃	富士見製氷	48.1	5.2	1.3	〃	373	52.2	11.2	1.6
〃	弓ケ浜共浴	49.5	8.2	0.8	〃	390	74.6	8.2	3.0
〃	日光荘別館	51.5	11.1	0.9	〃	396	52.4	7.8	2.9
〃	天理教会	47.6	9.8	0.7	〃	402	77.8	8.8	0.6
〃	別府駅	56.7	6.9	0.9	〃	406	79.8	5.7	1.2
〃	新猫	42.5	9.8	1.9	〃	410	58.5	7.3	3.6
〃	的ケ浜共浴	51.8	12.1	0.9	〃	414	85.0	4.3	1.6
〃	堀	46.9	11.1	0.9	〃	420	64.5	8.0	1.4
〃	的ケ浜	46.0	11.9	0.6	〃	424	64.8	8.5	1.0
〃	清天閣	49.5	10.7	3.5	〃	亀川運送	64.2	13.8	0.8
〃	阿部医院	55.5	9.5	0.7	〃	竹森	47.4	9.7	3.5
〃	二条館	60.6	11.8	1.0	〃	桜井	49.0	10.6	2.4
亀川	1	47.0	13.3	1.2	〃	155	57.2	8.0	1.0
					亀川	(昭波園地区)			
〃	8	49.4	13.3	1.1	〃	166	65.2	4.9	1.0
〃	12	42.0	12.3	2.4	〃	177	51.0	6.3	0.6
〃	34	52.0	11.8	1.5	〃	188	52.4	9.1	0.6
〃	38	70.8	9.7	1.2	〃	191	36.8	14.9	0.6
〃	51	54.8	8.5	3.1	〃	197	49.2	8.5	1.6
〃	56	47.8	8.8	2.6	〃	210	31.8	13.7	1.3
〃	75	58.2	9.0	1.5	〃	217	41.8	11.9	1.2
〃	87	49.4	8.2	3.0	鉄輪	5	41.0	8.0	1.5
〃	119	55.5	9.2	3.5	〃	10	60.8	6.7	0.7
〃	123	60.4	8.4	2.2	〃	25	91.4	2.7	1.1
〃	132	51.0	12.1	1.8	〃	33	48.0	7.6	3.1
〃	134	59.8	13.7	1.1	〃	59	78.0	5.4	1.7
〃	135	58.4	14.1	3.6	〃	73	58.0	7.1	2.8
〃	141	42.0	9.5	3.8	〃	76	50.0	8.7	3.2
〃	145	53.0	8.7	2.7	〃	79	40.6	10.8	3.6

第 1 表 (つづき)

温泉名	温泉番号又は所有者(通称)	湧出温度	N_2+A cc/l at 0℃	O_2 cc/l at 0℃
鉄輪	120	61.4	6.4	2.7
〃	山地獄内	88.0	2.5	0.4
〃	十万地獄	97.0	1.5	0.4
明礬	101	70.0	5.5	1.1
〃	104	57.0	6.5	0.6
〃	111	80.0	1.4	0.3
〃	113	52.0	8.2	3.2
〃	120	58.0	2.9	0.5
〃	134	72.0	5.7	2.3
〃	367	58.0	5.6	0.2
〃	377	53.0	4.9	0.3
湯平	5	61.5	5.0	2.0
〃	6	68.0	5.1	2.4
〃	7	64.8	6.2	2.3
〃	8	89.0	2.6	0.9
〃	9	58.8	6.9	2.3
〃	13	66.2	3.2	1.0
〃	14の1	60.4	5.1	1.5
〃	14の2	67.6	2.7	0.5
天ヶ瀬	薬師湯	69.0	4.1	0.2
〃	大船閣	56.0	7.6	0.4
〃	成天閣別館	48.8	8.3	3.0
〃	神田湯上	65.2	3.8	0.2
〃	赤岩湯	82.0	2.8	0.2
〃	郵便局前	99.5	2.2	0.2
由布院	14	84.1	5.2	1.1
〃	19	64.0	8.4	1.5
〃	30	67.0	9.0	2.1
〃	32	72.8	9.5	1.1
〃	63	61.6	7.7	1.7
〃	98	65.4	10.5	0.8
〃	191	82.2	1.8	0.5
〃	200	84.2	4.7	1.3
〃	201	64.2	7.7	1.9
〃	203	83.8	6.1	1.0
〃	204	82.2	3.5	1.3
〃	207	90.0	3.0	1.3
〃	209	85.0	4.2	1.9
〃	229	84.8	5.4	0.9
〃	253	61.1	11.5	0.3
〃	260	71.0	11.3	0.6
〃	262	76.6	5.0	1.4
〃	263	78.5	5.8	1.0
〃	266	72.0	6.8	0.9
〃	267	75.2	8.4	1.6
大岳	朝日屋	83.1	3.1	1.3
〃	大岳地獄内	92.6	2.0	0.4
〃	淋病湯	79.5	2.3	0.4
〃	河原共浴	56.0	4.4	1.7
〃	河原地獄内	97.5	1.0	0.4
〃	田中湯	66.4	2.1	0.4
内牧	6の4	47.4	15.0	0.7
内牧	8	39.0	13.3	2.1
〃	8の1	43.0	12.7	1.4
〃	10	44.3	16.5	0.3
〃	22の1	36.5	17.7	0.8
〃	25の1	39.9	12.9	1.7
〃	38	36.9	14.0	1.6
〃	42の1	35.0	17.8	0.1
〃	46の1	42.9	15.8	0.6
〃	58	38.2	13.8	1.5
〃	59	38.9	12.7	1.5
〃	61	47.5	16.0	0.7
〃	63の1	46.0	16.0	0.3
〃	64	38.2	12.9	0.5
〃	68の1	38.8	14.4	0.9
〃	69	40.0	14.0	1.4
〃	70	47.1	17.0	0.2
〃	71の1	46.0	15.1	0.0
〃	75	46.1	16.1	1.1
〃	84	47.1	9.3	0.7
〃	86	41.1	12.9	0.9
湯田	2	61.2	15.7	3.0
〃	7	41.5	11.8	2.2
〃	10	54.5	17.4	1.5
〃	18	47.5	14.6	2.4
〃	20	50.4	16.7	1.5
〃	21	39.5	18.6	0.8
〃	22	50.0	16.6	3.0
〃	25	48.5	13.8	1.0
〃	26	45.0	14.4	1.6
〃	28	35.6	16.4	1.5
〃	29	39.5	12.3	1.4
〃	31	39.5	14.9	1.4
〃	34	46.3	15.5	1.1
〃	37	38.2	16.1	1.2
〃	38	43.4	14.7	0.4
〃	41	20.0	18.1	0.1
〃	43	23.2	18.1	1.4
〃	45	26.4	17.2	0.9
〃	50	21.5	13.1	3.5
〃	52	53.7	15.7	0.7
〃	53	27.0	19.7	1.5
〃	55	24.8	18.3	1.7
〃	57	37.2	14.9	0.8
〃	58	51.5	14.0	1.6
〃	59	50.0	16.0	1.9
〃	62	30.0	18.7	0.7
〃	64	32.5	14.6	2.9
〃	65	24.5	14.3	1.2
〃	68	58.8	15.1	1.1
中房	小鍋立の湯	94.5	2.2	0.2
〃	大地獄内	86.0	2.0	0.2

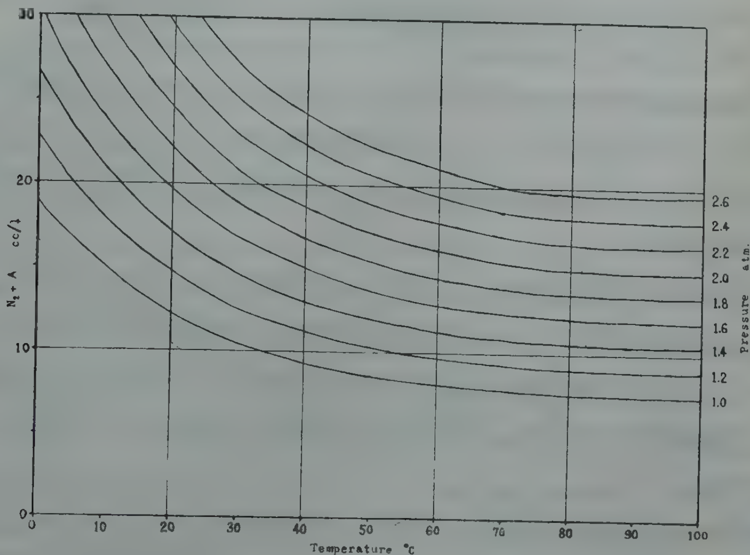


第1図 窒素ガス溶解量と泉温との関係; 図中の曲線は大気と平衡状態にあるときの飽和溶解量を示す。

されている.[5] 今かりにこの様な過飽和の地下水が何らかの方法で加熱されて温度が上ると，溶解度は急速に減少するから過飽和度は非常に大きくなる．大気と接している時には窒素は大気中に逃げ出すし，接触していない時でも気泡が発生して水中の濃度が減少する．気泡が発生する事なく一見非常な過飽和状態であるのは，その水が被圧の状態にある事を暗示している．

また一方，生化学的反応によつて窒素ガスが与えられなくても，地表で大気と接し平衡量だけの窒素を溶解している水が地下に滲透して加熱された時，一気圧下では過飽でも温度の上昇と共に水圧が増加すれば安定であり得る．このために必要な水圧増加は次の様にして求めることができる．

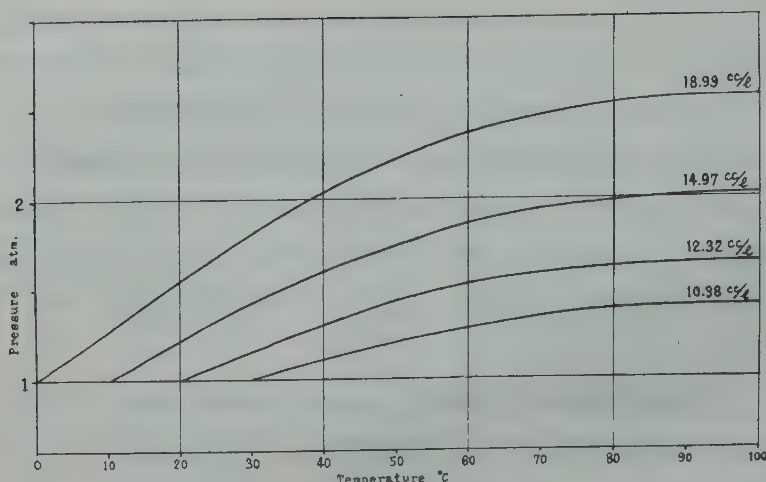
1気圧のもとでの飽和溶解量は Winkler[6)7)] によつて与えられており，それから圧力の増大による飽和溶解量の変化を計算したものが第2図である．更にこれをもとにして，1気圧で窒



第2図　1気圧以上の圧力に対する窒素ガスの飽和溶解量

素ガスを飽和量だけ溶解した水の圧力と温度が変る時，丁度飽和状態が維持されるための圧力と温度の関係を示したものが第3図である．たとえば 0℃，1気圧で 18.99 cc/l の窒素ガスを溶解した水は，図中 18.99cc/l を示す曲線を境としてその左上の領域内では圧力と温度が増加してゆく時，窒素ガスが遊離することはない．この例の様に極端な場合にも，必要な圧力増加は水深にして高々十数米程度で，一般にはそれ以下でよく，温泉帯水層の深さは普通それより深いから無理ではない．

結局，比較的低温の温泉水の窒素含有量が，それぞれの温度に対して過飽和であるのは，温



第3図　窒素ガスの飽和溶解量を維持するための温度と圧力の関係

泉水が被圧の状態にあるからといえる．また，この窒素ガスの源はもちろん生化学反応によるものであろうが，第1図に見るごとく，1，2の例を除いてすべて 18.99 cc/l 以下であつて，大多数の温泉水について，溶存窒素が大気とのガス交換平衡だけで溶解したものと考えて説明できることは興味深い．

次に高温泉で著しく不飽和であることの原因として考えられることは，第一に，もともと窒素ガスを多く含まない岩漿水が，一応は熱水の状態であつても気体を経て液体になつたのでもどちらでもよいとして，温泉水の大きな割合を占めているという考えである．第二は，元来窒素がかなり多量に溶存していたが，それが沸とうや炭酸ガスの発生に伴つて逃げてしまつたとする考えである．

第一の考えを進めるためには岩漿水中の窒素ガスの含有量を知ることが基本となる．岩漿性の窒素に対しては相反する二つの説がある．Jagger[8),9)] は火山放出物中の窒素は大部分岩漿性であると主張しており，一方 Barth[10)] は Iceland の温泉ガスの研究から，窒素は岩漿性ではなくて大気起源であると結論している．

しかし彼も火山ガス中に僅かの窒素があり，それが岩漿起源である可能性は認めている．火山ガスの分析結果は，多くの場合，窒素ガスの水蒸気に対する割合を体積百分率あるいは重量百分率で示している．これらの百分率は非常に小さく，火山ガス全体からみれば窒素の量は僅かであるといえる．しかし，今仮にこの水蒸気を主成分とする火山ガスが循環水と混ることなく冷却して，水蒸気が水になつたとすると，この水の体積に対する窒素ガスの体積は前記温泉水中の含有量に比して遥かに大きい．第2表にこの様な例を示す．したがつて，この様な岩漿

第 2 表

火山名	温度	火山ガス中の水蒸気と窒素の比 vol. %	N_2 cc/l at 0℃
Kilauea[11]	1200℃	H_2O 97.07 N_2 0.68	8300
昭和新山[12]	655℃	H_2O 99.48 N_2 0.014	170

性火山ガスか凝結して温泉水が生成されたのならば，第1図に示された様な窒素含有量の少い温泉水は望めない．またこの様な火山ガス凝結水が循環水と混合しても，循環水中の窒素含有量は前述のごとく飽和かまたはそれ以上であるから，混合割合の如何を問わず高温泉にみられる著しい不飽和を説明することはできない．また，岩漿水ではないかといわれている包蔵水の窒素含有量は 6.32～13.54 cc/l[5] で，上記の高温々泉水中の含有量とくらべて少いとはいえない．結局，窒素をほとんど含まぬ岩漿水があつて，それが温泉水の大部分を占めていれば説明がつくが，それは可能性の少いことであつて，高温々泉水中に窒素が非常に少いことに対する一般的な理由としてとりあげるには不適当である．

第二の沸とうや炭酸ガスの発生に伴う溶存窒素の逃出は当然考えられることである．それ自身が沸とうしている場合は問題がないが，それ自身沸とうしていなくても，近くに沸とう泉や噴気孔があそて，それらが水系的に上流に位置している様な場合には，沸とうによる窒素ガスの逃げ出しを考えてもよいであろう．また地熱地帯の地下では，地中温度がその場所の静水圧に対する飽和蒸気温度より高いことがある．[11] この場合には地中で沸とうがおこり，蒸気層ができる．水中に溶けているガス成分は水蒸気泡と共に水中から逃げ出し，噴気として地表に出るので，残液中には溶存ガスは少くなるであろう．実際，第1図に示した資料のうち 90℃ 前後の高温泉のほとんどは，それ自身が沸とうしているか，もしくは近くに沸とう泉や噴気孔があるかのどちらかである．またこの考えでは，地下での沸とうの結果噴出しているとみなされる噴気の凝集水には，沸とう泉などの高温水よりも多くの窒素ガスが溶存していると想像される．実際この様な噴気孔と沸とう泉または高温泉が隣接しているところでは，第3表に示すごとく，噴気の凝集水の方が沸とう泉や高温泉よりも多くの溶存窒素を含んでいる．

上表の結果に対しては，噴気の凝集水を採取する時に空気が混入するという疑いが全くないとはいい切れないので，この点を明らかにするため，実験室で水道水を煮沸し，その際に発生した水蒸気を冷却凝結したものと，煮沸後の残液の窒素含有量を比較した．凝集水を採取する時には，採水瓶中に流動パラフィンを入れ，採水中に凝集水が大気と接することのない様注意した．結果は第4表に示すごとく，蒸気凝集水に窒素が多く煮沸後の残液には非常に少い．こ

第 3 表

温泉地名	噴気と温泉	噴気と温泉の距離	湧出温度℃	N_2+A_r cc/l at 0℃	O_2 cc/l at 0℃
鉄輪(かんなわ)	No. 126 噴気	100 m	99.5	2.8	0.3
	十万地獄横沸とう泉		97.0	1.5	0.4
由布院	No. 205 噴気	60	95.0	5.3	1.9
	No. 207 温泉		90.0	3.0	1.3
明礬	No. 442 噴気	80	94.0	6.6	1.8
	No. 111 温泉		80.0	1.4	0.3
天ヶ瀬	小松屋噴気	100	98.0	3.8	0.2
	郵便局前沸とう泉		98.6	2.2	0.2
大岳	九電1号噴気	30	96.8	4.2	0.2
	大岳地獄内温泉		92.6	2.0	0.4

の結果は第3表の実測結果と符合するものである.

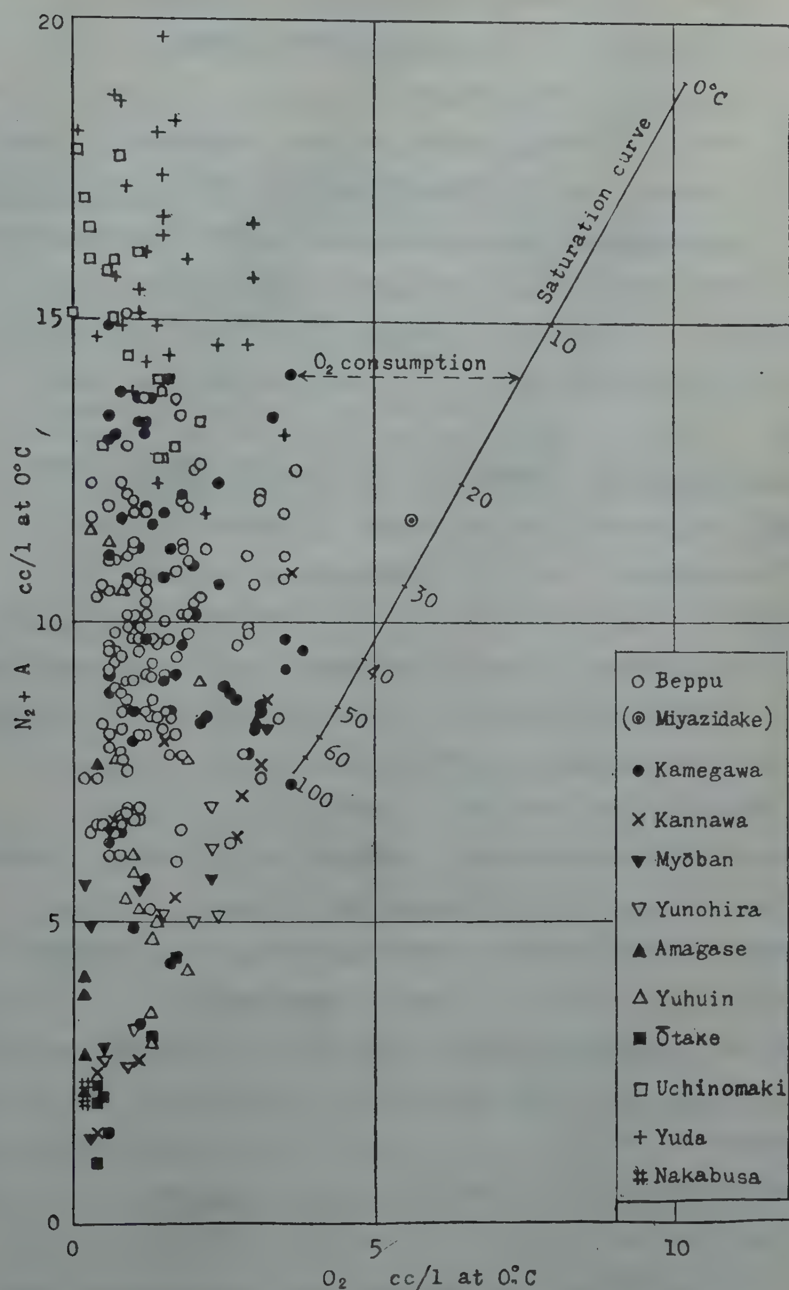
第 4 表

	I		II		III	
	N_2+A_r cc/l at 0℃	O_2 cc/l at 0℃	N_2+A_r cc/l at 0℃	O_2 cc/l at 0℃	N_2+A_r cc/l at 0℃	O_2 cc/l at 0℃
水道水	16.1 (140%)	7.4 (126%)	18.4 (160%)	9.1 (154%)	18.1 (147%)	8.4 (148%)
蒸気凝集水	9.4	4.7	6.3	3.5	5.8	2.7
煮沸後残液	0.7	0.1	1.6	0.8	1.4	0.6

かくして，高温々泉に窒素含有量の少いことは，沸とうによる溶存窒素の逃げ出しによつて比較的自然に説明できることがわかつた．結局窒素含有量の非常に少い高温々泉水は，その主な部分が岩漿水であろうと循環水であろうと，いずれの場合にも，気液両相に分れる機会を経てきたものであつて，その際の液相が主体となつているということができる．

§ 3. 酸素含有量との関係

温泉水中に溶存している窒素ガスの起源が，大気にあるか岩漿にあるかは今のところ明確に決めることはできない．しかし，前節で論じたごとく比較的低温泉に含まれている窒素は大気起源であるとみてよいであろうし，高温泉に含まれているものも大気起源である可能性がある．したがつて，窒素と共に大気を構成する主成分である酸素の溶存量が興味ある問題となる．酸素含有量はいずれの温度でも Winkler の示した飽和量よりも少い．また温度の高いものと低いもの，すなわち窒素含有量の少いものと多いものの酸素含有量は少く，中間のものに比較的多い．この関係を示したものが第4図である．第4図中の実線は Winkler による飽和量を



第4図　窒素ガス溶解量と酸素ガス溶解量; 実線は飽和溶解量の関係で横の数字はそのときの水温, 横軸に平行な点線の長さはその温泉水に溶存していた酸素ガスの消費量を示す。◎印は別府にある一浅井戸の値である。

結んだものであつて，これはほぼ直線に近いがその延長は原点を通らない．側の数字はその量が飽和量であるときの温度である．窒素，酸素共に100°Cの飽和量よりも少いものは，元来それらのガスをほとんど含まない様な岩漿水を多く含んでいるか，または元来かなり含まれていたものが沸とう等によつて追出されたためであつて，更にこの僅かな酸素さえも酸北のため消費されていることがわかる．沸とうによつて窒素，酸素が追い出されるとき，残液中の窒素と酸素の量は，第4表の実験結果にみられる様に，厳密には100°C以下の時の飽和溶解量から外挿したものとは異るであろうが，およその見当は第4図の実線を直線とみて延長したものによつて与えられであろう．したがつて逆にこの延長線上に近いものは，窒素，酸素共に大気起源であつて，それらの大部分が単に沸とうによつて追い出された残りであるとみることもできるかもしれない．

比較的低温泉では窒素が多くて酸素が少い．これらの起源は，前節来論じてきたごとく，一般には岩漿性とは考えられない．また生化学作用による窒素の放出も否定はできないが，これは量的に扱うのは困難であり，かつまた，溶存窒素の量が生化学作用によるとしなくても大気起源として説明できる程度であつたので，今ここでは，窒素，酸素共に大気から溶けてきたものと考える．そうすれば窒素と共に溶解した多量の酸素は，温泉水の地下流動中に消費されたことになる．この消費量は，第4図において一つの点から O_2 軸に平行に引いた飽和曲線迄の長さで示される．実際に測定値から酸素消費量を求めるには次式によればよい．

$$O_2 \text{消費量} = N_2\text{含有量} \times 0.56 - 0.5 - O_2\text{含有量}\ \ cc/l$$

式中の常数は第4図の飽和曲線を直線として概略値を求めたものである．また窒素含有量が100°C の飽和量以下のものについては飽和曲線を直線として延長したものを仮想したことになる．この様な酸素の消費は，温泉水中に溶存する H_2S 等の他のガスや，周囲地層中の無機質，有機質の酸化のためによるのであるが，いずれにせよ酸素消費量の多いことは，温泉水が大気との接触を断つてから長期間地下を流動してきた事，あるいは，酸素消費の強い地域を通過してきたことを暗示する．また，窒素，酸素共に少い高温々泉水が地下水と混合するときには，地下水中の酸素はすでに消費されていることが多いので，地下水の混合割合が増加するにつれて見かけの酸素消費量は増加する．この様に考えると酸素消費量の地理的分布は，温泉水の地下での流動状況を示唆する有力な因子ということができる．この実例は次節に示す．

第4図にみられる他の興味ある点は，酸素含有量の多いものは窒素含有量が 10 cc/l 前後のものに多く，第1図からいえば，湧出温度 50°C 前後の温泉に多いという点である．この様な傾向が，特に深い意味をもつているのか，それらが別府，亀川のものに多いので，単にそこの地質条件を反映しているのか，今のところわからない．第4図中の◎は別府市内の一浅井戸

(宮地獄神社境内)のものであつて，窒素，酸素共飽和度100% に近い．しかもこれらの含有量は季節的に変化する．この点は第5節に詳述する．

文　献

1) E. L. ALLEN, A. L. DAY: *J. Geol.*, **32**, 183, (1924).
2) M. DOLE: *J. Chem. Phys.*, **4**, 778, (1936).
3) 野満隆治，池田亮二郎，瀬野錦蔵: 地球物理，**2**, 97, (1938).
4) 小穴進也: 日化，**60**, 995, (1939).
5) 菅原　健: "地球化学" (岩波講座)，**42**, (1956).
6) 小穴進也: 分析化学，**3**, 522, (1954).
7) LANDOLT, BÖRNSTEIN: *Phys.- Chem. Tabellen*, I, 764, (1923).
8) T. A. JAGGER: *Am. J. Sci.*, **238**, 313, (1940).
9) T. A. JAGGER: *Geot. Soc. Am.*, *Mem.* **21**, (1947).
10) T. F. W. BARTH: *"Hot Springs and Geysers of Iceland,"* p. 38, (1956).
11) F. E. STUDT: *New Zealand J. Sci. Tech.* **35**, 595, (1957).

投稿規定

1. 投稿の論説は本会の会員が本会の学術講演会で講演したものとする．但し，編集委員会が認めたものはこの限りでない．
2. 投稿原稿の採否は編集委員会が決定する． 編集委員会は原稿の内容字句について加除訂正を求めることがある．
3. 論説の長さは，当分の間，なるべく刷上り 12 頁（図及び表を含めて 400 字詰原稿用紙約 25 枚）以内とする．制限頁数を超過する場合は，編集委員会の承認を要し，超過分の費用は著者負担とする．
4. 原稿は400字詰原稿用紙に横書きにし，漢字はなるべく当用漢字，仮名は平仮名，外国語は片仮名または原語を用いること．
5. 原稿には欧文題目，ローマ字つづり著者名，所属機関，欧文要旨（400語以内）をつけること．また本会の講演会での講演月日を明記すること．
6. 句読点 ，． 等を明瞭に記入すること．
7. 地名，人名の読みにくいものには振仮名をつけること．
8. 数字は漢字を用いず，アラビヤ数字を用いること．
9. 図は墨，黒インキで明瞭に書き，青インキは用いぬこと．線の太さ，字の大きさは，縮図したあとの効果を考えて適当にし，図は，そのまま版下にできるよう丁寧に書くこと．刷上り寸法または縮率を赤で余白に必ず記入すること．地図には必ず縮尺を入れ，"何分の一" と書かないこと．原稿には赤字で図の挿入場所を指定すること．
10. 図版及び表はなるべく折込をさけ刷上り全頁大にとどめ，原図の大きさは，なるるべく組頁の倍ぐらいまで(20 cm×28 cm)．やむを得ない場合でも 55 cm×40 cm 以内とすること．折込みなどに要した費用は著者負担とする．
11. 引用文献は，脚註とせず，該当する本文につづけて著者名及び刊行年を西暦で挿入し，本文の末尾に文献を下の例のように一括して入れること．

    本文中に挿入の例：

    同一著者が同年に書いた 2 つ以上の論文を引用するときは年号のつぎに a，b，c····を付して区別する．長篇の論文，単行本などの一部を引用するときは，かならず引用箇所の頁を付記すること．

    例····，（小藤 1916 a，p. 122）によれば····

    論文末尾につける引用文献リストの例：

    文献は著者の姓のアルファベット順．同一著者のものは発表の年代順に配列し，各引用文献は，著者の姓名，発表年，標題，誌名，巻，頁，の順に下のように記入し，欧文の場合はそれらを欧文で示すこと．

    大森房吉（1910） 浅間山噴火に就きて；震予報，**67**，1—26．

    Kotō, B (1916 a) The great eruption of Sakura-jima in 1914; *J. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo*, **38**, Art 3, 1—237.

    Kotō, B (1916 b) The eruptions of Sakura-jima prior to 1914; *J. Geol. Soc. Tokyo*, **28**, 165—180.
12. 活字の字体は著者自身で指定すること．
13. 別刷は 50 部までは無償とし，それ以上は有料とする．原稿に希望部数の記入がないときは 50 部として取り扱う．
14. 再校以後の校正は，編集係に一任のこと．

昭和 36 年 10 月 12 日

日本火山学会編集委員会

日本火山学会1961年度秋季大会
講　演　題　目

日時　1961年10月11日(水)，12日(木)，13日(金)

会場　10月11日，12日は東京大学理学部2号館講堂（赤門脇）

10月13日は東京大学地震研究所会議室（安田講堂裏）

10月11日(水)　(13.00—17.00)
（東大理学部2号館講堂）

1．北海道二三の火山の活動様式について（15分）
北大理　石川　俊夫
T. Ishikawa: Types of activity of some Volcanoes in Hokkaido.

2．昭和新山ドーム熔岩の固化（15分）
北大理　村瀬　勉
T. Murase: Solidification of the Showa-shinzan dome lava.

3．昭和4年度の駒ヶ岳火山噴火の噴出物について（20分）
立正大　山口　鎌次
K. Yamaguchi: On the products from the Volcano Komaga-dake, in the eruption in 4th year of Shôwa era (1929).

4．宮城県大倉のソレアイト岩脈と凝灰岩との接触部における熔結現象　(10分)
東北大理　青木謙一郎
K. Aoki: Welding phenomena at the contact between tholeiite dyke and tuff, Okura, Miyagi Prefecture.

5．那須茶臼山噴気孔ガスについて　(15分)
名大理　水谷義彦，杉浦　孜，小穴進也
Y. Mizutani, T. Sugiura, S. Oana: Chemical composition of fumarolic gases collected from Volcano Nasu-Chausuyama.

6．火山ガス中の炭酸ガスの炭素同位体　(25分)
名大理　小穴　進也
S. Oana: Carbon isotopic ratio of CO_2 in volcanic gases.

10月12日(木)　(9.30—12.00)
（東大理学部2号館講堂）

7．浅間火山の噴火と噴火予知の問題*（15分）
東大震研　水上　武
T. Minakami: Volcanic eruption of Mt. Asama and some problem for predicting volcanic eruptions.

8．箱根火山大湧沢及び霧島火山えびのにおける地中温度観測*（15分）
東大震研　水上　武，平賀士郎，宮崎　務
T. Minakami, S. Hiraga and T. Miyazaki: Geothermal observations at O-wakuzawa (Mt. Hakone) and at Ebino (Mt. Kirishima).

9．間歇泉および噴気孔における微動*（15分）
北大理　野越三雄，本谷義信，横山　泉
M. Nogoshi, Y. Motoya and I. Yokoyama: Microtremors observed at a geyser and a volcanic fumarole.

10．天明3年度の浅間火山大噴火の噴出物について（20分）
立正大　山口　鎌次
K. Yamaguchi: On the products from the Volcano Asama, in the great eruption in 3rd year of Temmei-era (1783).

11．濁川源泉の水温の変動について　(15分)
軽井沢測　関谷　溥，中里安次郎
H. Sekiya and Y. Nakazato: On the secular variation of temperature of Nigori Spring in Mt. Asama.

12．箱根火山における重力測定*　(15分)
北大理　横山　泉
I. Yokoyama: A gravity survey on the Hakone Volcano.

13．白山火山概報*　(20分)
金沢大理　山崎正男，中西信弘，紿野義夫
M. Yamasaki, N. Nakanishi and Y. Kaseno: Preliminary report on the study of Hakusan Volcono.

10月12日(木)　(13.00—14.00)
総　会
（東大理学部2号館講堂）

10月12日(木)　(14.00—17.00)
（東大理学部2号館講堂）

14．湯ヶ峯火山の地質及び岩石　(15分)
岐阜大学芸　河井政治，桐山　清
M. Kawai and K. Kiriyama: Geology and petrography of the Yugamine Volcano.

15. 阿蘇火山の短周期火山性微動について*
(10分) 京大理 菊地 茂智
S. Kikuchi: On the short period volcanic micro-tremors at Volcano Aso.

16. 火山性微動の波動特性について（阿蘇火山)*
(15分) 京大理 久保寺章
A. Kubotera: Characters of volcanic micro-tremors (Volcano Aso.)

17. 硫黄島火山(鹿児島県の研究，その1 概要
(20分) 硫黄島火山研究グループ
鹿児島大 °鎌田 政明
M. Kamata: Study of Iwojima volcano (1) General remark.

18. 硫黄島火山の研究，その3 噴気孔ガスの化学組成* (15分)
硫黄島火山研究グループ
東工大 °小沢竹二郎
T. Ozawa: Study of Iwojima volcano (3) Chemical composition of fumarolic gas.

19. 硫黄島火山の研究，その4 温泉*
(15分) 硫黄島火山研究グループ
鹿児島大 °鎌田 政明
M. Kamata: Study of Iwojima volcano (4) Hot springs.

20. 硫黄島火山の研究，その2 噴気孔の温度*
(15分) 硫黄島火山研究グループ
北大理 °清野 政明
M. Seino: Study of Iwojima volcano (2) Temperature of the fumaroles.

21. 十勝岳火山の晩期の活動について*
(15分) 北大理 勝井義雄，高橋俊正
Y. Katsui and T. Takahashi: Later stage activity of Tokachi volcano.

22. 火山灰層序からみた有珠火山の発達史*
(15分) 北大理 近堂祐弘，°勝井義雄
Y Katsui and Y. Kondo: Tephrochronology of Usu volcano.

10 月 13 日(金) (9.30—12.00)

23. 桜島の地盤変動について(続) (15分)
京大防災研 吉川 圭三
京大理 江頭 庸夫
K. Yoshikawa and Y. Eto: Crustal movement of Sakurajima (continued).

24. 近年の桜島の活動について)15分)
気象庁 諏訪 彰，竹山一郎，田中康裕
A. Suwa, I. Takeyama and Y. Tanaka: The eruptive activity of Sakurajima in recent years.

25. 地熱地帯の調査における電気探査の役割の一つ* (15分) 地質調 早川 正巳
M. Hayakama: Geophysical exploration for the study of thermal state in the upper part of Earthcrust.

26. 含エジル輝石岩の成因 (20分)
東大理 内 水 護
M. Uchmizu: Genesis of aegirinaugite-bearing rocks.

27. マントル上層部におけるマグマ溜りの存在性について*(15分) 九大理 下鶴 大輔
D. Shimozuru: Temperature distribution and discussion on the possibility of the Existence of magma pocket in the upper mantle of the Earth.

10 月 13 日(金) (13.00—15.00)
(東大理学部2号館講堂)

28. 本邦火山の噴出物の化学成分・頻度分布の変遷*
(15分) 九大理 種子田定勝
S. Taneda: Variation in chemical composition and frequency distribution of the rocks from Japanese volcanoes.

29. 瀬戸内地域における高マグネシヤ火山岩系
(15分) 東大震研 森本 良平
R. Morimoto: High magnesian volcanic rock series in Setouchi region.

30. ハワイ火山のかんらん石団塊類* (15分)
東北大教養 八木 健三
K. Yagi: Olivine nodules from Hawaiian volcanos.

31. 大洋地域・大陸地域・造山帯における火山岩随伴関係*(15分) 東大理 久 野 久
(* 幻燈使用 ° 講演者)
H. Kuno: Association of volcanic rocks, in oceanic regions, continental regions, and orogenic zones.

32. 駒ケ岳火山の Pyroclastic flow について*
(20分) 北大理 岩永 将暉
M. Iwanaga: Pyroclastic flows of Komagatake Volcano.

学 会 記 事

○幹事会　1961 年 9 月 14 日（木）　13時～15時

東京大学地震研究所会議室

1．1961年度秋季大会を 10 月 11 日，12 日，13 日に東京で開催することを決定した．

2．雑誌「火山」の投稿規定の改訂の原案の作製を森本委員に委託した．

3．茂木委員を庶務幹事に委嘱した．

○委 員 会

1961 年 10 月 11 日（水）　11 時～ 12 時 30 分

東京大学地震研究所会議室

出席者：久野委員長，八木，水上，石川，下鶴，横山，一色，山崎，諏訪，津屋，森本，小穴，牛来，荒牧の各委員

議　題

1．庶務報告（水上委員）

2．会計報告（諏訪委員）

3．編集報告（森本委員）

4．雑誌「火山」の投稿規定の原案の説明があり意見が交換された．

投稿規定(「火山」第 2 集第 4 巻第 2 号 132 頁に掲載）は「火山」本号（第 2 集第 6 巻第 3 号）128頁 に掲載されたように改定することが決定された．

5．国際火山学会議の準備経過報告(久野委員長)

Second circular について意見が交換された．

なお 12 月末刊行された Second circular の内容（原文のまま）は，下記の通りである．

（森本後記）

INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON VOLCANOLOGY

Organizing Committee
Science Council of Japan
Ueno Park, Tokyo, Japan

OFFICERS OF THE ORGANIZING COMMITTEE

Chairman: Kiyoo WADATI, President, Science Council of Japan; Director-General, Japan Meteorological Agency

Secretaries: Hisashi KUNO, Professor, University of Tokyo
Takeshi MINAKAMI, Professor, University of Tokyo
Akira SUWA, Research Officer, Japan Meteorological Agency
Katsumi WATANABE, Chief, Intelligence Section, Science Council of Japan

GENERAL INFORMATION

The International Symposium on Volcanology, organized by the Science Council of Japan in cooperation with the Volcanological Society of Japan, will be held at the Nihon Toshi Center in Tokyo, Seizan Hotel in Karuizawa and Kankō Kaikan in Hakone, May 9–19, 1962, under the sponsorship of the International Association of Volcanology (IAV) of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG), as approved at the 1960 Helsinki General Assembly of the Union.

Subjects to be discussed in the Symposium will be:

1) Prediction of time and place of volcanic eruption;

2) Relation between magmas and nature of volcanic eruption.

Besides the sessions, two field trips will be arranged during the Symposium period. After the close of the Symposium three post-symposium trips to several active volcanoes will be arranged for the participants who wish to join.

All inquiries about the Symposium should be addressed to the Secretary, Organizing Committee, International Symposium on Volcanology, Science Council of Japan, Ueno Park, Tokyo, Japan (Cable address: SCIENCOUNCIL TOKYO).

PROVISIONAL TIME TABLE

Date	Morning	Afternoon	Evening
May 8 (Tues.)		Registration at the Nihon Toshi Center (13:00—17.00)	
May 9 (Wed.)	Registration at the Nihon Toshi Center (9.00—12.00) Opening Session (10:00—11:30)	Leave the Nihon Toshi Center for Karuizawa	
May 10 (Thurs.)	Visit to the Asama Volcano Observatory and field discussion		
May 11 (Fri.)	Discussion on Terminoloby of Ignimbrite at Seizan Hotel, Karuizawa (8.30—10.30)	Leave Karuizawa for Tokyo	Reception in Tokyo (19:00—21:00)
May 12 (Sat.)	Scientific Sessions at tne Nihon Toshi Center (9.00—12.00)	(13:30—17.30)	
May 13 (Sun.)	Free		
May 14 (Mon.)	Scientific Sessions at the Nihon Toshi Center (9:00—12:00)	(13:30—17:30)	
May 15 (Tues.)	Leave the Nihon Toshi Center for Hokone	Field discussion in Hakone	
May 16 (Wed.)	Scientific Session at Kanō Kaikan in Hakone (8.30—12.00)	Field discussion in Hakone	
May 17 (Thurs.)	Scientific Sessions at Kankō Kaikan (8:30—12:00)	(13:30—16:30 Closing Session (17:00—18:00)	
May 18 (Fri.)	Field discussion in Hakone	Leave Hakone for Tokyo	
May 19 (Sat.)	Leave the Nihon Toshi Center at 9:00. Visit to research institutions		

MEMBERSHIP

Membership of the Symposium is open to all volcanologists who have interest in the aforementioned subjects. The membership fee is ¥ 1,800 (US $ 5).

NOTES ON CONTRIBUTED PAPERS

Titles and Abstracts

Titles of papers to be submitted should be sent to the Organizing Committee to arrive not later than February 28, 1962, using the enclosed Application Form B. An abstract within 500 words in English for each paper should accompany the completed Form. The Organizing Committee reserves the right to select from the papers submitted for the presentation at the Symposium.

Preprints

The collected abstracts of accepted papers will be published in the form of preprints and will be distributed to participants at the time of registration in Tokyo.

Oral Presentation

About fifteen minutes will be allocated for presentation of a paper, which will be followed by discussion within ten minutes.

As no facilities for interpretation will be available for oral presentation, it is recommended that speakers read their respective papers in English.

Slides

Facilities will be available for projectidg frame size 5 cm×5 cm slides (Kodachrom type).

APPLICATION FORM AND MEMBERSHIP FEE

Two copies each of the Application Forms B and C are enclosed with this circular, of which one may be retained for reference, and the other should be returned to the Organizing Committee as soon as possible, and in any case not later than February 28, 1962.

The membership fee of ¥ 1,800 should be paid at the Registration Desk of the Conference Office in the Nihon Toshi Center at the time of final registration.

The participation fee for the field trips to Asama and Hakone is ¥ 12,000 (approx. US $33) including room charges and meal costs during the period of the field trips.

This participation fee will also be collected at the Registration Desk of the Conference Office.

SCHEDULES OF FIELD TRIPS

The schedules of the field trips included in the formal programme of the Symposium are as follow:

1. Asama

Guides: Takeshi Minakami, Shigeo Aramaki and Hisashi Kuno.

May 9 (Wed.) Leave the Nihon Toshi Center at 13:00 by bus. Arrive at Karuizawa at 18:00. Strongly dissected Pliocene or older Pleistocene andesite volcano Myōgi-san will be seen from the bus window about an hour before arriving at Karuizawa. Stay at Seizan Hotel.

May 10 (Thurs.) Leave Seizan Hotel at 8:30. Visit to the Asama Volcano Observatory of the Earthquake Research Institute and outcrops of prehistoric and historic (1783) nuées ardentes, pumice flow, and pumice fall deposits and lava flows.
Return to Seizan Hotel at 18:00.

May 11 (Fri.) Leave Seizan Hotel at 12.30. Arrive at Tokyo at 17:00.

2. Hakone

Guides: Hisashi Kuno and Takeshi Minakami.

May 15 (Tues.) Leave the Nihon Toshi Center at 8:00 by bus. Visit to an outcrop of pumice flow deposit at Odawara. Arrive at Kowaki-en Hotel at 12:30. Leave Kowaki-en at 14:00 by bus. Visit to Nagao-tōge on the northwestern caldera rim for a general view of the Hakone Caldera and of the Huzi Volcano to the northwest. Outcrops of lavas and a fault exposed on the caldera wall will be seen near Nagao-tōge. Return to Kowaki-en at 18:00.

May 16 (Wed.) Leave Kowaki-en at 13:30. Visit to the southwestern part of the caldera and the avalanche and nuées ardentes deposits and solfatara to the northwest of Kamiyama, one of the post-caldera cones.
Return to Kowaki-en at 18:00.

May 17 (Thurs) Scientific Sessions at Kankō Kaikan.

May 18 (Fri.) Leave Kowaki-en at 8:30. Visit to the southeastern part of the caldera. Many basalt and andesite lavas will be seen on the caldera wall. Arrive at Tokyo at 18:00.

VISITS TO RESEARCH INSTITUTIONS

On Saturday morning, May 19, visits to the following research institutions will be arranged. Bus will leave the Nihon Toshi Center at 9:00.

Names of Institutions:

Earthquake Research Institute, University of Tokyo;
Geological Institute, University of Tokyo;
Japan Meteorological Agency;
Geological Survey of Japan.

TRAVEL AND LIVING ACCOMMODATION

Travel to Japan

Participants should make their own arrangements for travel to Japan.

Information Office at Tokyo (Haneda) International Airport

Information Office of the IAV Symposium will be open at the Japan Meteorological Agency Office in the airport building on May 7, 8 and 9.

Transportation from Tokyo (Haneda) International Airport

Bus and limousine transportation is available from the airport to the terminal (about 1 hour). Taxi transportation from the airport to the hotels (1 hour; about US $ 3) or from the city terminal to the hotels (20 minutes; about US $ 1) is also available.

Hotel Accommodation

Hotels in Tokyo designated by the Organizing Committee for participants are mostly located within 5—10 minutes walk from the Nihon Toshi Center. Some hotels which are not in the area are 15—30 minutes by electric train or subway. Yotuya Station of the National Railways or Akasaka-Mituke Station of the subway is the most convenient stop to reach the Nihon Toshi Center.

Rooms at hotels range as shown below and participants are requested to inform the Organizing Committee of their choice by the filled-in Form C.

A	Single	US $ 4.00— 7.00	
B	Single	$ 7.00—10,00	
C	Twin or Double	$ 9.00—13.00	
D	Japanese-style room	$ 4.00— 7.00	(breakfast included)
E	Japanese-style room	$ 7.00— 9.00	(〃)

Travel, Post and Bank Service

Temporary offices for travel, post and bank service will be open in the Nihon Toshi Center during the Symposium period in Tokyo. A travel agency will also be open in Kowaki-en Hotel where participants will stay during the field trip in Hakone.

The mailing address of the Nihon Toshi Center is:

The Nihon Toshi Center
2-tyōme, Hirakawa-tyō (2-chōme, Hirakawa-chō)
Tiyoda-ku, Tokyo (Chiyoda-ku, Tokyo).

MAILING OF ROCK SAMPLES

Rock samples collected by participants from abroad during the field trips will be sent to their home address, if they so desire. Sample bags, address cards and small paper envelopes will be prepared by the Organizing Committee and will be carried by the guides of the trips. Please put the samples in the bag, write your name on the surface of each bag, write your name and address on the card in block letters and put ¥900 in the envelope. Each cotton bag should contain the address card ¥900 in the envelope which is the mailing cost per 5 kg. (11 pounds) samples.

CLIMATE

General temperature and humidity in Tokyo as well as in the places to be visited during the field trips and the post-symposium trips in May are given below. As the rainy season will be beginning towards the end of May, it is recommended that the participants bring rain gear.

	Maximum temperature	Minimum temperature	Average humidity
Tokyo	21.8°C	12.9°C	75%
	71.2°F	55.2°C	
Karuizawa	17.3°C	5.6°C	80%
	63.1°F	42.1°F	
Hakone	20.8°C	6.0°C	86%
	69.4°F	42.8°F	
Hukuoka	23.0°C	12.0°C	78%
	73.4°F	53°6°F	
Aso	16.4°C	9.1°C	77%
	61.5°F	48.4°C	
Kagosima	24.3°C	14.1°C	79%
	75.7°F	57.4°F	
Sapporo	16.5°C	5.3°C	74%
	61.7°F	41.5°F	
Ō-sima	19.7°C	13.8°C	81%
	67.5°F	56.8°F	

PROGRAMME FOR LADIES

A programme is being planned for entertaining wives and other family members accompanying participants in the Symposium during their stay in Tokyo.

POST-SYMPOSIUM TRIPS

After the close of the formal sessions of the Symposium, the following optional trips to several active volcanoes in Japan will be arranged for the participants and family members at their own expenses, leaving Tokyo on Sunday, May 20.

The participation fee for each of these trips will cover hotel accommodations, meals, transportation by train, plane, motor-coach, ferry, etc., tips to drivers and porters, and other miscellaneous expenses.

Application to take part in any one of these trips should be made by Form B.

A. Trip to Active Volcanoes in Kyushu, 5 days

Tokyo—Sakura-zima Volcano and Aira Caldera—Aso Caldera and Active Central Cone—Hukuoka—Tokyo.

Expenses per person: ¥32,000 (approx. US $ 89).

For those who will part from the group at Hukuoka to stop over at Kyoto, Nara or elsewhere on the return trip, the air fare between Hukuoka and Tokyo will be deducted, and they will have to pay a fee of ¥22,000 (approx. US $ 61).

They will, however, have to make arrangements themselves with a travel agent for the rest of the trip.

Detailed Schedule

Guides: Daisuke Shimozuru, Sadakatu Taneda and Akira Kubotera.

May 20 (Sun.) Leave Tokyo Station at 19:00 by train.
May 21 (Mon.) Arrive at Nisi-Kagosima Station at 17:45.
Leave Kagosima for Ibusuki hot spring, near the Kaimon-dake Volcano (40 km south of Kagosima) by bus. Accommodation at Ibusuki Kankō Hotel.
May 22 (Tues.) Leave Ibusuki at 8:30 by bus and arrive at Kagosima City at 10:00.
Leave Kagosima at 10:05 by ferry and arrive at Hakamagosi, the western coast of Sakura-zima island at 10:30.
Visit to historic lava flows of 1471-6, 1779, 1914 and 1946 eruptions of the Sakura-zima Volcano.
Collection of ōsumilite at Hayasaki.
Volcanological observatories of the Kyoto University and of the Japan Meteorological Agency are also to be visited.
Return to Kagosima at 14:50 to visit an outcrop of unwelded pumice flow deposit of the Aira Oaldera ("Sirasu").
Accommodation at Hotel Turumaru-ssō in Kagosima.
May 23 (Wed.) Leave Kagosima at 7:10 by train and arrive at Kumamoto at 10:33.
Leave Kumamoto by bus and arrive at Aso at 14:30.
Visit to the active crater of Naka-dake, one of the post-caldera cones of the Aso Volcano, and to the volcanological observatories of the Japan Meteorological Agency and the Kyoto University near the crater.
Accommodation at Kantō Hotel half way up the central cones.
May 24 (Thurs.) Leave Kankō Hotel at 9.00 by bus to visit the Aso Volcano Observatory of the Kyoto University and an outcrop of welded tuff and older andesites on the Aso Caldera wall.
Leave Aso for Kumamoto by bus.
Leave Kumamoto at 15:15 by train and arrive at Hakata Station in Hukuoka at 17:34.
Leave Hukuoka Airport at 19:25 by Japan Air Lines plane and arrive at Tokyo (Haneda) International Airport at 23:00.

B. Trip to Active Volcanoes in Hokkaido, 6 days

Tokyo—Komaga-take Volcano—Usu Volcano including Syōwa-Sinzan Dome and Tōya Caldera—Tarumai Volcano—Sapporo—Tokyo.

Expenses per person: ¥ 32,000 (approx. US $ 89).

Those who will part from the group at Sapporo to stop over on the way back at Towada Lake, Sendai, Matusima Islands, etc., will have to pay the deducted fee of ¥ 22,000 (approx. US $ 61).

They will have to make arrangements for the rest of the trip by themselves.

Detailed Schedule

Guides: Toshio Ishikawa, Kenzo Yagi, Izumi Yokoyama and Yoshio Katsui

May 20 (Sun.) Leave Ueno Station at 13:30 by train.
Arrive at Aomori at 23:55.

May 21 (Mon.) Leave Aomori at 0:10 by boat and arrive at Hakodate at 4:35.
The following trip from Hakodate to Sapporo will be made by a chartered bus or buses.
Leave Hakodate at 9:00 and visit a small lava dome of Hakodate-yama.
Arrive at Ō-numa at 11:30.
Climb the Komaga-take Volcano to see the 1929 pumice fall and flow deposits and other historic and prehistoric pyroclastic deposites.
Return to Ō-numa at 17:30.
Accommodation at Ō-numa Health Center.

May 22 (Tues.) Leave Ō-numa at 9:00 for Osyamanbe via the eastern and northern foot of Komaga-take.
Arrive at Osyamanbe hot spring at 11:30.
Leave Osyamanbe at 12:30 for Konbu hot spring on the western rim of Tōya-ko, a caldera lake.
Arrive at Tōya-ko hot spring on the southern rim of the caldera at 18:00.
Accommodation at Manseikaku Hotel.

May 23 (Wed.) Leave Tōya-ko hot spring at 9:00.
Visit to the Usu Volcano and Syōwa-Sinzan, a dacite dome protruded in 1944–45 at the eastern foot of Usu.
Return to Tōya-ko hot spring at 12:00.
Leave Tōya-ko at 13:00.
Visit to outcrops of welded tuff.
Arrive at Noboribetu hot spring at 17:30.
Accommodation at Dai-iti Takimoto-kan Hotel.

May 24 (Thurs.) Leave Noboribetu at 9:00.
Visit to solfataras near Noboribetu.
Arrive at the northern rim of Sikotu-ko, a caldera lake at 12:00.
Visit to the Tarumai Volcano on the southeastern rim of the caldera with the summit lava dome protruded in 1909.
Leave Sikotu-ko at 15:30, pass Titose Airport at 16:30 and arrive at Sapporo at 18:00.

May 25 (Fri.) Leave Sapporo for Titose Airport by bus.
Leave Titose for Tokyo by Japan Air Lines plane.

C. Trip to Ōmuro-yama Volcono Group in Izu Peninsula and Active Ō-sima Volcano, southwest of Tokyo, 3 days

Tokyo—Ōmuro-yama Volcano Group—Ō-sima—Tokyo.
Expenses per person: ¥8,000 (approx. US $ 22).

Detailed Schedule

Guides: Hisahi Kuno, Tsuneji Rikitake and Kazuaki Nakamura.

May 20 (Sun.) Leave Tokyo Station at 9:00 by train.
Arrive at Itō at 11:00.

Leave Itō at 13:00 to visit Ōmuro-yama and other small cones by bus. Several specimens ranging from high-alumina basalt to pyroxene andesite of the calcalkali rock series (or hypersthenic rock series) may be collected.
Return to Itō by bus at 18:00.
Accomodation at Kowaki-en Hotel in Itō.

May 21 (Mon.) Leave Itō at 8:45 by boat.
Arrive at Motomati on the western coast of Ō-sima Island at 10:45.
The trip through the island will be made by a chartered bus.
Leave Motomati at 11:00 for Okata on the northern coast.
Visit to an outcrop of Pliocene tholeiitic basalt complex at Okata which forms the basement of the Ō-sima Volcano. One of the flows includes a composite autointrusion with an iron-rich schliere.
Arrive at Kowaki-en Hotel near Okata at 12:30.
Leave Kowaki-en at 13:30 to visit a locality of human remains of middle Jōmon age (about 4,500 years ago) interbedded between the tholeiitic basalt flows and ash of the volcano to the south of Motomati and an explosion crater of Habu at the southern tip of the island.
Accommodation at Kowaki-en Hotel near Okata.

May 22 (Tues.) Leave Kowaki-en at 8:00.
Arrive at the active summit crater of Mihara-yama at 9:30.
Leave the crater at 10:30 and arrive at Yuba on the northwestern flank at 11:10 to see the succession of historic ash fall deposits and tholeiitic basalt flows.
Leave Yuba at 12:00.
Arrive at Nomasi, south of Motomati, at 13:20 to visit the Volcano Observatory of the Earthquake Research Institute.
Leave Nomasi at 14.00 and arrive at Motomati 14:10.
Leave Motomati at 14.30 by boat to return to Tokyo at 20.30.

○総　会

1961 年 10 月 12 日 (木) 13 時～14 時

東京大学理学部 2 号館講堂

1. 会計報告 (諏訪委員)
2. 庶務報告 (水上委員)
3. 編集報告 (森本委員)
4. 国際火山学会議の準備経過報告
5. その他

以上原案通り可決し，午後の講演に移り講演終了後 16 時より赤門前白十字で懇親会を開催した．

以 上

BULLETIN

OF

VOLCANIC ERUPTIONS

No. 1

Volcanological Society of Japan

International Association of Volcanology

IUGG

December, 1961

BULLETIN OF VOLCANIC ERUPTIONS

No. 1

Foreword

In response to the resolution by the International Association of Volcanology at the General Assembly of IUGG in Helsinki in July-August, 1960, the Volcanological Society of Japan starts publication of "Bulletin of Volcanic Eruptions."

The purpose of the publication is to exchange information on volcanic eruptions in different parts of the world as quickly as possible. The eruptions which have been already described in the Catalogue of Active Volcanoes of the World are generally excluded in this Bulletin, though there may be a few exceptions.

The Bulletin will consist of four issues at maximum per year and will be attached to the Bulletin of the Volcanological Society of Japan and to Bulletin Volcanologique. It will also be distributed to volcanologists of the world who are interested in such information through the National Committee on Volcanology of each country.

A volcanologist or the National Committee on Volcanology in each country with active volcanoes is requested to take the responsibility of sending the information on the eruptions in the respective countries to the Volcanological Society of Japan, Earthquake Research Institute, University of Tokyo, Tokyo, Japan, according to the following form:

1) Name of the volcano in eruption.
2) Reference number of the volcano in the "Catalogue of Active Volcanoes of the World." (Example: 8,3—12)
   No numbers are to be assigned to volcanoes which are not yet in the Catalogue.
3) Geographical position of the volcano referring to latitude and longitude. (Example: 45°31′N, 115°25′E)
4) Name of the country or the region to which the volcano belongs. (Example:- Japan, Hokkaido)
5) Description of the eruption.
   a) Precursors such as earthquakes, tilting of the land, or other features.
   b) Time of beginning of the eruption. (Example:- 1960 VII 1, 1530, corresponding to year, month, date, and hour)
      When unknown, —? should be used.
   c) Character of the eruption indicated by the symbols used in the Catalogue:-

	Beginning	End
1960	VII 30 ○ (↑ *l*)	VIII 14
	VII 31 → ⊠	
	VIII 15 ∞ (⇒ *g*)	

XII 2 ○ ↑ ....1961 I 5

1961 I 29 ○ ↑ ....

The first line of the symbols implies that the eruption started on July 30, 1960, with a little normal explosion at the summit crater which lasted until August 14. The second line implies that on July 31, a mud flow was produced which devastated an arable land. The last line implies that a normal explosion again took place at the summit crater on January 29, 1961, which continued until the information was sent. If there is uncertainty as regards the character and date of eruption, mark ? should be attached to the symbols. The intensity of eruption is classified into three categories: little (*l*), medium (*m*), and great (*g*).

d) Material erupted and its quantity (little, medium, and great). Example:- basalt ash (*m*)

6) Remarks. A few words may be added to describe the eruption if necessary.

The symbols used to denote the different types of activity in the "Catalogue of Active Volcanoes of the World" are as follows:

○	Eruption in the central crater
∞	eruption in a parasitic crater
○=	eruption in a radial fissure
=	eruption in a regional fissure
↑	normal explosions
→	eruptions producing nuées ardentes
⇒	lava flows
▽	eruptions in a crater lake
▼	eruptions in a lava lake
⌓	extrusion of a lava dome
⍋	extrusion of a spine
⇡	phreatic explosions, mud eruptions
⇝	mud flows
⌃	subglacial eruptions
⊼	submarine eruptions
⊹	islets formed by submarine eruptions
≈	tidal waves (tsunamis)
⇞	solfatara fields, vapours
⊠	destruction of arable land
†	casualties

Description of Volcanic Eruptions

Kurile Islands and Kamchatka

Sarychev Peak (9-24), 48°05′ N, 153°12′ E, USSR, Kuriles, Matua Isl.
1960 VIII 30, 1300 ○ (↑ *m*)
Andesitic basalt ash (*l*)

Chikurachki (9-37), 50°20′ N, 155°28′ E, USSR, Kuriles, Paramushir Isl.
1958 V ○ (↑ *m*)
Andesite ash (*m*)
Beginning ... End
1961 V 2 ○ (↑ *m*)............................V 17
Andesite ash (*m*)

Karymsky (10, 0-13), 54°03′ N, 159°28′ E, USSR, Kamchatka
1956 III, VII, X, XII ○ (↑ *l*)
1957 I, II ○ (↑ *l*)
Beginning ... End
1960 Spring ○ (↑ *l*)............................ ?
IX, X ○ (↑ *l*)
Andesite ash (*l*)

Bezymianny (10,0-25), 55°58′ N, 160°35′ E, USSR, Kamchatka
Forerunnig swarm of earthquakes
Beginning ... End
1955 X 22, 0630 ○ (↑ *g*)........................XI
Andesite ash (*g*)
XII ○ (↑ *m*, *l*) ⏢ ⟶ (*l*)..........1956 III 30
Andesite ash (*m*)
1956 III 30, 1730 ○ (↑ *g*, ⟶ *g*, ⇝ *g*)
Destruction of the volcanic edifice
Andesite agglomerate (*g*) and ash (*g*)
IV ○ ⏢ (↑ → *m*, *l*)................Winter 1956/57
Andesite (*m*)
1958 II 13 ○ ⏢ (↑ *l*).......................II 14
V 21 ○ ⏢ (↑ *l*)
XII 29 ○ ⏢ (↑ *l*)
Andesite ash (*l*)
1959 III 28 ○ ⏢ (↑ *l*)......................III 31
Andesite ash (*l*)
X 26 ○ ⏢ (↑ *l*).......................XI 4
Andesite ash (*l*)
1960 IV 13, 1100 ○ ⏢ (↑ → *l*)...........IV 14, 1700
Andesite agglomerate (1) and ash (*l*)
1961 III 26 ○ ⏢ (↑ → *m* ⇝ *l*)
Andesite agglomerate (*m*)

Kliuchevskoi (10,0-26), 56°03′ N, 160°38′ E, USSR, Kamchatka

Beginning		End
1958 V 18, 0700	○ (↑ *l*)	V 18, 2030
VII 4	○ (↑ *l*)	
VIII 18	○ (↑ *l*)	
1959 I 3, 1045	○ (↑ *l*)	

Andesitic basalt ash (*l*)

(G. S. Gorshkov)

Aleutian Islands

Kiska 52°05′ N, 177°35′ E, U. S. A., Aleutian Islands, Kiska Isl.

1962 I 24 ∞ (↑ ⇒ *m*?)

The eruption was observed from an airplane. It occurred at a point on the flank of Mt. Kiska, a volcano 1213 m high, and a new cinder cone about 30 m high was formed at Sirius Point at the northern end of the island.

(Compiled from U. S. newspaper reports)

Hawaii Islands

Kilauea (13,2-3), 19°25′ N, 155°00′ W (position of point of eruption), U. S. A., Hawaii

Preceded by 6 weeks of numerous earthquakes and marked tumescence of the volcano.

Beginning		End
1959 XI 14 2008	∞ ⊶ ⇒	XI 21
XI 21	∞ ▼	XII 19

Olivine basalt to oceanite; 0.061 km³

A very high lava fountain, reaching a reported height of as much as 520 m, produced abundant spatter and pumice in addition to the new lava fill, 116 m thick, on the floor of Kilauea Iki crater, on one wall of which the eruption took place. The eruption consisted of 16 separate eruptive phases, ranging from 2 to 167 hours long each, separated by quiet periods from 8 to 101 hours in duration. At the end of each phase lava poured back into the eruptive vent, in some instances the volume drained back exceeding that poured out in the preceding extrusive phase.

Kilauea (13,2-3), 19°31′ N, 154°51′ W (position of point of eruption), U. S. A., Hawaii

Preceded by 3 weeks of increasingly numerous earthquakes centering on the east rift zone of Kilauea. During the few hours directly before the outbreak the Kapoho graben sank as much as 1.5 m. The outbreak occurred on a fissure near the center of the graben.

Beginning		End
1960 I 13 1930	⊶ ⇒ ⇡ ⊠	II 19

Tholeiitic basalt to olivine basalt; 0.113 km³

The eruption was on the east rift zone of Kilauea, about 40 km east of Kilauea caldera. Lava fountains up to about 250 m high, accompanied at times by steam of phreatic origin, produced an unusually large amount of cinder and pumice for a Hawaiian eruption.

Kilauea (13,2-3), 19°25½′ N, 155°17½′ W, U. S. A., Hawaii

Preceded by 4 months of tumescence. A swarm of small earthquakes occurred 3 hours before the outbreak.

Beginning ... End

1961 II 24 0704 ○ ....1961 II 24, 1500

III 3 ○ ....1961 III 28

Probably tholeiitic basalt; 300,000 m^3. 0.0003 km^3

During and following the 1960 eruption the central part of the floor of Halemaumau crater sank, forming a basin 40 m deep, and collapse produced 3 craterlets respectively at the southwest edge and center of the basin, and on a narrow bench northeast of the basin. In the current eruption small lava fountains, a few meters to 30 m high, in the collapse craterlet at the northeast edge of the floor filled the craterlet and poured into a crack at the edge of the central basin.

Kilauea (13,2-3), 19°25½′ N, 155°17½′ W, U. S. A., Hawaii

Preceded by tumescence and many earthquakes beneath the caldera and the southwest rift zone of the volcano.

Beginning ... End

1961 VII 10 2014 ○........................1961 VII 16 0350

Tholeiitic basalt; 0.009 km^3

A lava fountain as much as 250 m high in the southwestern collapse craterlet formed in February 1960, and smaller fountains in the central craterlet, filled both craterlets and the central basin.

Kilauea (13,2-3), 19°23′ N, 155°08′ W to 19°27′ N, 154°48½′ W, U. S. A., Hawaii

Preceded by 2 months of tumescence.

Beginning ... End

1961 IX 22 ca. 0800 ○=......................1961 IX 22 ca. 1030

1961 IX 23 ○= ....1961 IX 24 ca. 0230

Tholeiitic basalt; 0.0007 km^3

Three small outbreaks, with small lava fountains and very small flows, on the east rift zone of Kilauea, one about 14.5 km eastsoutheast of the caldera near Napau Crater and another 22 km east of the caldera near Kaumuki cone on September 23.

(G. A. Macdonald)

Chile

Guallatiri (15, 5-2), 18°25′ S, 69°06′ W, Chile, Tarapaca Province

Beginning ... End

1959 middle July ○ (↑ *l*) ....?

Lascar (15, 5-10), 23°22′ S, 67°44′ W, Chile, Antofagasta Province

1960 III 28-31 ○ (↑ *m*)

After the eruption of 1951-52, the activity of the volcano was augmenting its intensity. After the eruption of 1960 the activity continued but on a rather reduced scale.

Tupungatito (15, 7-1), 33°24′ S, 69°48′ W, Chile, Santiago Province

1959 end of March ○ ↑

1960 middle July ○ ⇒ (*l*)

The lava descended the western flank of the cone.
1961 beginning of May ○ ↑

Puyehue (15, 7-15), 40°35′ S, 72°08′ W, Chile, Valdivia Province
Beginning End
1960 V 24 ○= (↑ *g* ⇛ *m*)....................end of June
This eruption took place during the great earthquake period in South Chile. It started about 48 hours after the biggest shock whose epicenter was situated about 300 km northwest of Puyehue Volcano. No activity at the central crater was reported, but the crater which discharged the lava flow opened on the northwestern flank.

Calbuco (15, 8-7), 41°20′ S, 72°37′ W, Chile, Llanquihue Province
1961 I 25 ○ ↑
II 1 ○ ⇛ ⇝ ⊠ (*g*)
II 20 ○ (⇛ *g*)
III 10 ○ ↑ (⇛ ?)
The crater of Calbuco showed no sign of activity one year before the eruption.

(L. Castertano)

日本火山学会名誉会員

小倉　勉　柴田雄次　坪井誠太郎

日本火山学会賛助会員　（順不同　昭和36年2月28日現在）

伊東温泉組合	伊東市松原　伊東市役所内
川奈ホテル	伊東市川奈 1459
明石製作所	東京都品川区東品川 5の1
十和田自然科学博物館	青森県三本木町
同和鉱業株式会社	東京都中央区八重洲口　鉄鋼ビル
株式会社徳力本店	東京都千代田区神田鍛冶町2の16
八幡製鉄株式会社	東京都千代田区丸ノ内1ノ1　鉄鋼ビル
野村鉱業株式会社	東京都千代田区大手町2ノ2　野村ビル
伊東下田電鉄株式会社	東京都渋谷区大和田 98　東急内

日本火山学会委員　（昭和35年4月—昭和37年3月）

委員長	久野　久		
委　員	安芸敬一	佐々憲三	島津康男
	下鶴大輔	諏訪　彰	坪井忠二
	永田　武	早川正巳	水上　武
	宮部直己	村内必典	茂木清夫
	横山　泉	力武常次	和達清夫（以上地球物理）
	荒牧重雄	石川俊夫	一色直記
	河野義礼	牛来正夫	種子田定勝
	津屋弘逵	森本良平	八木健三
	山崎正男（以上地質）		
	岩崎岩次	小穴進也	野口喜三雄
	三宅泰雄（以上地球化学）		
庶務幹事	水上　武	上田誠也	荒牧重雄
編集幹事	森本良平	岩崎岩次	茂木清夫
	一色直記		
会計幹事	諏訪　彰	一色直記	竹山一郎
	小林和男	久城育夫	
学会連合担当幹事	上田誠也		

昭和36年12月31日 発行　　発行年3回

定価 1部　金 300 円

編集兼発行者　日本火山学会

（東京大学地震研究所内）

入会希望者は会費500円を添えて地震研究所内日本火山学会宛御申込み下さい

（振替口座東京２２２２９）

印刷所　株式会社　国際文献印刷社　笠井康頼

東京都新宿区山吹町 184

Vol. 6 Second Series No. 3

BULLETIN OF THE VOLCANOLOGICAL SOCIETY OF JAPAN

December 1961

Original Articles

THE VOLCANOLOGICAL SOCIETY OF JAPAN
c/o The Earthquake Research Institute,
University of Tokyo, Tokyo, Japan